DANGER

علاء الحضري

مشكلة العصر

تلوث البيئة

دراسة علمية حول مشكلة التلوث وحماية صحة البيئة

أ.د / محمد أمين عامر
أ.د / مصطفى محمود سليمان

دار الكتاب الحديث

تلوث البيئة مشكلة العصر

دراسة علمية حول مشكلة التلوث وحماية صحة البيئة

تأليف

أ. د. محمد أمين عامر

نائب رئيس جامعة الزقازيق

لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة

أ. د. مصطفى محمود سليمان

أستاذ الجيولوجيا ومستشار شئون البيئة

بجامعة الزقازيق

ملتزم الطبع و النشر

دار الكتاب الحديث

الطبعة الثانية

1423 هـ / 2003 م



القاهرة	94 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة ص.ب 7579 البريدي 11762 هاتف رقم : 2752990 (202 00) فاكس رقم : 2752992 (202 00) بريد إلكتروني : kdh@eis.com.eg & Dkh_cairo@yahoo.com
الكويت	شـارع الهلالي ، برج الصديق ص.ب : 22754 – 13088 الصفاه هاتف رقم 2460634 (965 00) فاكس رقم : 2460628 (965 00) بريد إلكتروني : ktbhades@ncc.moc.kw
الجزائر	B. P. No 061 – Draria Wilaya d'Alger– Lot C no 34 – Draria Tel&Fax(21)353055 Tel(21)354105 E-mail dkhadith@hotmail.com

رقم الإيداع	1999/ 2199
ISBN	977-5758-27-0

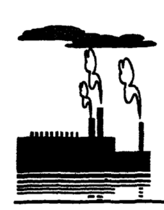
محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة



مقدمة

البيئة بالنسبة لأى كائن حى أو جماد هى كل ما يحيط به ويعيش معه، وفى نفس الوقت يشكل هذا الكائن الحى أو الجماد جزءا من البيئة، يتأثر بها ويؤثر فيها بدرجات متفاوتة. وأى تغير، جزئى أو كلى، فى الصفات الفيزيائية و/ أو الصفات الكيميائية لأى عضو من أعضاء البيئة، ينعكس سلبا أو إيجابا، آجلا أو عاجلا، بصورة مباشرة أو غير مباشرة، على بقية الأعضاء المشاركين له فى بيئته.

ويشمل تلوث البيئة أية تغيرات، جزئية أو كلية، غير مرغوب فيها، فى الصفات الفيزيائية و/ أو الكيميائية لعضو أو أكثر من الأعضاء المكونة للبيئة.

ومشكلة تلوث البيئة ليست مشكلة جديدة أو طارئة بالنسبة للأرض، وإنما الجديد فيها هو زيادة شدة التلوث، كما وكيفا، فى عصرنا الحاضر، ووصوله إلى مرحلة الأزمة الخانقة، والتى دعت المفكرين والعلماء فى كل العالم يدقون بشدة نواقيس الخطر، ويدعون إلى العمل على الحد من التلوث، وعلاج وحماية صحة البيئة.

ولم تكن، فى واقع الأمر، البيئة العالمية فى الماضى القريب أو البعيد نظيفة تماما أو نقية نقاءً مطلقا، بل كانت وما تزال تعانى من تأثير بعض الملوثات الطبيعية، وأهمها الأتربة والغازات البركانية، والأتربة النيزكية، والتغيرات المناخية وما يصاحبها من اثار جانبية مترتبة عليها. ويعتقد أن مثل هذه الملوثات الطبيعية كان لها دور كبير فى وقوع تغيرات بيئية حادة ساعدت على انقراض بعض الحيوانات العملاقة كالديناصورات منذ نحو ٦٥ مليون سنة مضت، وكذلك دخول الأرض فى عدد من عصور الجليد عبر تاريخها الطويل.

وفى وقتنا الحاضر تقذف بعض النافثات البركانية (وهى إحدى صور النشاط البركانى) فى الغلاف الجوى بمئات وآلاف الأطنان من المركبات الكيميائية السامة، ومن تلك نافثات وادى العشرة آلاف مدخنة فى آلاسكا بأمريكا الشمالية والتى تدفع سنويا بأكثر من ١,٢٥٠,٠٠٠ طن من حمض الهدروكلوريك، وأكثر من ٢٠٠,٠٠٠ طن من حمض الهدروفلوريك إلى الهواء الجوى، وهما مادتين سامتين وملوثتين خطيرتين للبيئة، بالإضافة إلى العديد من المركبات الكيميائية السامة والأتربة والغازات الأخرى...

وفى واحدة من أخطر الثورات البركانية فى العصور الحديثة، قذف بركان تامبورو فى إندونيسيا فى سنة ١٨١٥م بنحو ١٥٠كم٣ من الرماد البركانى فى الغلاف الجوى، وغطى هذا الرماد مساحة دائرية نصف قطرها حوالى ٥٥٠كم٢. وقذف بركان كراكاتوا فى جنوب شرق آسيا فى ثورته العارمة فى سنة ١٨٨٣م بأكثر من ٨٠ كم ٣ من التراب البركانى حملته الرياح إلى مسافة تبعد ٥٠٠٠ كم عن فوهة البركان.

وقد تمهد ثورات البراكين العملاقة وما تحدثه من إخلال خطير فى توازن البيئة إلى انهيار بعض الحضارات، كما حدث لحضارة جزيرة كريت فى البحر الأبيض المتوسط (والتى تسميها بعض الأساطير قارة أطلنطس الغارقة أو المفقودة). وقد انهارت حضارة كريت عقب انفجار بركان سانتورين انفجارا عنيفا فى نحو ١٥٠٠ قبل الميلاد. وكما كانت لهذا البركان ثورة عارمة فى سنة ٢٣٠٠ قبل الميلاد، كانت له انفجارات كارثية فى العصور الحديثة فى ١٩٢٨، ١٩٣٨، ١٩٥٠م. ويرى بعض العلماء أن انفجار بركان سانتورين فى سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد يضاهى انفجار بركان كراكاتوا فى سنة ١٨٨٣م.

وقد شعر الإنسان بتلوث البيئة وربط بينة وبين انتشار الأمراض من قديم الزمان. فقد ورد فى بردية إدوين سميث الطبية الفرعونية، والتى دونت فى نحو ١٦٠٠ قبل الميلاد (وهى منقولة من كتب طبية أقدم تعود إلى عصر بناة الأهرامات أى فى الألف الثالثة قبل الميلاد) إشارات إلى الهواء الموبوء والذى يصيب الإنسان

بالمرض. وأخذ فلاسفة الإغريق هذه الأفكار ونصح الفيلسوف الإغريقى أجرون الأجريجنتى، الذى عاش فى القرن الخامس قبل الميلاد، بإضرام النار فى الهواء لتنقيته بعد أن اجتاح الطاعون أثينا...، وبعد ذلك وفى القرن الرابع عشر (١٣٤٧ ـ ١٣٥١م) اجتاح الطاعون كل أوروبا وآسيا وخلف نحو ٧٥ مليون ضحية. وفى سنة ١٩١٨م قضت الأنفلونزا على نحو ٢٢ مليون نسمة فى العالم؛ وذلك بسبب التلوث الميكروبى للهواء.

وقد وهب الله سبحانه وتعالى البيئة الطبيعية خاصية التوازن الطبيعى والحفاظ عليه، حيث لا يطغى مكون على آخر من مكوناتها، فإذا طغى عضو على آخر لسبب ما، واختل هذا التوازن اعتلت صحة البيئة، ومن ثم تنشط بعض مكونات البيئة للعمل على إعادة التوازن المفقود للبيئة. وتعد كثير من البكتريا والفطريات وبعض أنواع الحشرات عامل فعال فى هذا المجال، حيث تحلل بعض المركبات الكيميائية السامة إلى صور غير سامة أو تحلل أجسام النباتات والحيوانات الميتة إلى مركبات تتطاير فى الهواء أو تمتصها التربة لينتفع بها النبات... إلخ.

وفى الآونة الأخيرة وقعت البيئة العالمية فى قبضة العديد من الملوثات الصناعية الفتاكة بفعل النشاط الإنسانى الهدام، مثل الإسراف فى استخدام المخصبات الكيميائية فى الزراعة والاستخدام المكثف لأنواع عديدة من مبيدات الحشرات والفطريات والأعشاب، والإشعاع النووى القاتل الذى يتسرب إلى البيئة من خلال التفجيرات النووية السرية والعلنية، هذا بالإضافة إلى ملايين الأطنان من الغازات والمركبات الكيميائية الناتجة عن إحراق الفحم والبترول، والمخلفات الصناعية، والتى يصعب حصر أنواعها وكمياتها، والتى تضاف بدون وعى إلى البيئة حتى هذه اللحظة...، وأدى كل ذلك إلى تلوث البيئة فى صورتها الراهنة..، ويتجلى ذلك فى تغير كثير من الصفات الكيميائية والفيزيائية لكل عناصر البيئة من ماء وهواء وتربة زراعية ونبات وحيوان، وأخيرا الإنسان.

ولو أخذنا مثالا واحدا للتغير فى الصفات الكيميائية والفيزيائية للهواء الجوى؛ بسبب زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فيه. لوجدنا أن صورة البيئة

والحياة على سطح الأرض صورة قاتمة. فزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى عن حد معين يرفع درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض، ولو ارتفعت درجة حرارة الهواء بضع درجات لانصهرت الثلوج فى القطبين وغطت مياهها سطح الأرض بطبقة سمكها نحو ٢٥ مترا. فإذا انخفضت درجة الحرارة بضع درجات مئوية لتجمد الماء ودخلت الأرض فى عصر جليدى..

وفى الأونة الأخيرة بدأ بعض علماء البيولوچيا يغيرون التوازن الطبيعى بين الچينات فى الخلايا النباتية (وربما خلايا بعض الكائنات العضوية الدقيقة وحيوانات التجارب)، بحيث يُغلِّبون چينات على أخرى.... والهدف من ذلك هو زيادة المنتجات الزراعية لسد حاجة السكان المتزايدة.... وهذا اتجاه خطير بالنسبة للتوازن البيئى، بل أكثر خطورة من الإسراف فى استخدام المخصبات الكيميائية ومبيدات الحشرات والفطريات، والتى استخدمت من قبل لهذا الغرض وأدت بعض الدور فى زيادة المنتجات الزراعية، ولكنها لوثت البيئة وأفرزت أجيال من الحشرات أكثر شراسة ومقاومة لعوامل الفناء من أسلافها السابقين.... مما يعنى أن الإنسان قد دفع ثمنا باهظا فى سبيل توفير بعض الاحتياجات الضرورية لحياته ورفاهيته، وهو ثمن لا يتناسب مع ما حصل عليه فى هذا الصدد...

ويقدم هذا الكتاب معلومات علمية مبسطة حول تلوث البيئة والعناصر الكيميائية فى الأرض وفى جسم الإنسان، ودور الإنسان فى تغير مسار دورة العناصر فى البيئة، وتلوث الماء والهواء والتلوث النووى والبترولى، والتلوث الكيميائى والتلوث بالضوضاء وهجرة وانتقال الملوثات فى البيئة، ثم برنامج قومى لعلاج وحماية صحة البيئة من التلوث...

نأمل أن يجد القارئ فيه ومعه بعض المتعة والفائدة.

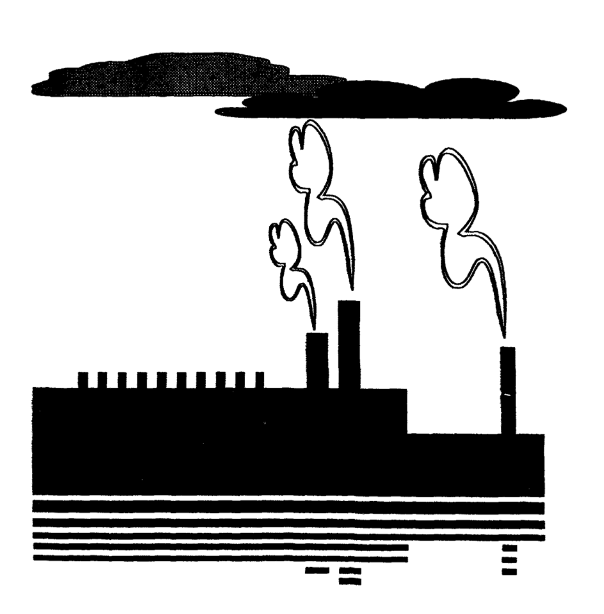
والله تعالى ولى التوفيق،

المؤلفان

الزقازيق فى ٤ / ٤ / ١٩٩٧م.

الفصل الأول

تلوث البيئة .. مشكلة العصر



يعـد تلوث البيـئة من أعظم المشـاكل التى تواجـهـهـا البشـرية فى عصـرها الحاضر، إذ لم تكن البيئة، وهى كل ما يحيط بالإنسان من هواء وماء وتربة زراعية وصخور. . .إلخ، ملوثة بهذا الشكل المرعب فى الماضى.

يقصد بتلوث البيئة كل تغيرات فى الأحوال البيئية بصورة غير مرغوبة فيها، تغيرا جـزئيا أو كليا بفعل النشـاطات الإنسانية من خلال إعـادة توزيع الطاقة، أو زيادة النشاط الإشعاعى، أو تغير فى الأحوال الفيزيائية والكيميائية. . .إلخ.

وتؤثر التغيرات البيـئية تأثيرا مباشرا على الإنسان، أو غيـر مباشر من خلال التغير فى صـفات ومكونات غذائه وشرابه والهواء الذى يتنفسـه، وجميع مكونات وعناصر البيئة التى يعيش فيها.

ويرى كثيـر من المهتمين بشئـون البيئة أن أى تغـير يحدثه الإنسان فى البـيئة الطبيعيـة التى خلقها الله سبحانه وتعالى، هو لـيس فى صالح الإنسان سواء على المدى القريب أو المدى البعيد.

ويزداد اهتمـام الدول الغنية والمتقـدمة بموضوع تلوث البـيئة أكـثر من الدول النامية، والتى تعانى من مشاكل الفقـر والجهل والتخلف، والتى تلهيها عن مشكلة التلوث.

وللأسف الشديد فقد تـعرضت البيئة العالمية خـلال النصف الثانى من القرن العشرين لقـدر من التلوث يفوق ما أصابها عبـر تاريخها الطويل، وأدى ذلك إلى ظهور أمراض جديدة ووقوع تغيرات كيميائية وحيوية فى مكونات الغلاف الأحيائى كله من نبـاتات وحـيوانات بمـا فيـهـا الإنسان، وتعـرضت العـديد من النبـاتات والحيوانات لخطر الانقراض.

وبينت العديد من التقارير العالميـة أن هناك أكثر من ٦٠٠ نوع من الحيوانات والطيور مـعرضة لخطر الانقـراض بسبب تلث البيـئة العالمى. وأن هناك أكـثر من

١٥٠٠٠ نوع من النباتات النادرة آخذة فى الانقراض، وأن العديد منها سوف ينقرض قبل منتصف القرن الحادى والعشرين إذا استمر خطر التلوث فى النمو بمعدله الحالى[١].

ومن الغرائب أن يجتمع التلوث مع التقدم العلمى والتكنولوچى الهائل الذى تشهده البشرية فى عصرها الراهن، ومرد ذلك جزئيا إلى أن التطور الهائل لا يسير إلى جانبه تطور مماثل فى النظم الاجتماعية والسياسية للعائلة البشرية، فهناك عدم تناسق خطير فى تطور الحضارة الراهنة، وهذا هو المأزق الرئيسى لتلك الحضارة.

ونضرب لذلك مثلا بالتلوث الإشعاعى، فبعد وقوع حادث انفجار أحد المفاعلات النووية فى محطة تشرنوبيل فى أوكرانيا فى ٢٦ / ٤ / ١٩٨٦م، وانطلاق سحابة من العناصر الكيميائية المشعة فى موقع الحادث وحوله وانتشارها فى أجواء عدد من الدول الأوروبية فلوثتها، وقامت الأمطار بعد ذلك بترسيب بعضها فى أراضى تلك الدول ومياهها، وانعكس كل ذلك فى تلوث المواد الغذائية النباتية والحيوانية بدرجات متفاوتة. وتنبه الأوروبيون لذلك وامتنعوا عن تناول تلك الأطعمة، وقاموا بتصديرها إلى العديد من الدول النامية فى أفريقيا وآسيا.

هذا بالإضافة إلى دفن النفايات النووية بوسائل لاأخلاقية فى مدافن سرية فى الدول الأفريقية أو الآسيوية. أى أن بعض أعضاء العائلة البشرية ترفل فى مكتسبات العصر من التقدم العلمى والفنى، وفى نفس الوقت تلقى بنفاياتها الذرية والكيميائية وغيرها من الملوثات الخطيرة إلى جيرانهم من الدول النامية.. وهذا هو كما قلنا آنفا المأزق الحقيقى للمدنية الراهنة.

وبجانب التلوث البيئى العالمى الذى تسببت فيه الدول الصناعية المتقدمة، فإن هناك مشكلات الفقر والجوع التى تعانى منها قطاعات عريضة من العائلة البشرية، وكلها تؤكد فشل الإنسان المعاصر فى إقامة مجتمع متكافئ تتساوى فيه حقوق البشر..

وحتى فى داخل بعض الدول الصناعية المتقدمة فإن هناك قطاعات تعانى أيضا من الفقر والفاقة والتعرض لمشاكل التلوث، ومن يزور الولايات المتحدة الأمريكية مثلا قد تزهله بعض الصور التى تؤيد ذلك.

ولكن لماذا ظهرت مشكلة التلوث الآن ؟

من المؤكد أن هناك نفايات كانت تتخلف من العمليات والنشاطات الإنسانية فى كل العصور، وتؤدى هذه النفايات إلى تلوث البيئة بدرجات مختلفة، غير أن الإنسان لم يشعر بذلك ولم يعانى من آثارها الضارة، حيث كانت هناك عوامل طبيعية تقضى على تلك الملوثات (بكسر الواو) وتتخذ منها غذاءها. فالطيور الجارحة وبعض الحيوانات كانت تقضى على معظم مخلفات الإنسان الملوثة للبيئة.

ولا تزال الطيور الجارحة تقوم بهذه المهمة فى بعض المناطق النائية مثل جزيرة سقطرى فى المحيط الهندى (تقع جنوب شرق عدن بنحو ٩٠٠ كم)، وسكان هذه الجزيرة يعيشون الآن كما كان يعيش أسلافهم فى العصور القديمة. وفى هذه الجزيرة تجد الرخمة (تسمى هناك بالرخمة المصرية) تتجول فى شوارع عاصمة الجزيرة (تسمى حديبو) وشواطئها بحرية تامة، وتلتهم كل مخلفات الصيادين من بقايا الأسماك وغيرها... ولا تجد هذه الصورة فى القرى والمدن خارج هذه الجزيرة.

وبعد أن زاد تعداد البشرية وزاد استهلاكهم للطاقة والطعام والشراب، وبسبب زيادة النمو والتقدم الصناعى، تراكمت الملوثات من نفايات المصانع من مواد صلبة وسائلة وغازية، ومخلفات المخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية ومبيدات القوارض، هذا بالإضافة إلى مخلفات الإنسان نفسه..

وقد تقاعس الناس فى بداية الأمر إلى أن استيقظوا فجأة، ليجدوا أن الكرة الأرضية بمائها وهوائها وترباتها كادت أن تختنق من التلوث إلا قليلا..

وتزيد مشكلة التلوث، بصفة عامة، بزيادة التقدم الصناعى، وتقل فى المواقع الأكثر بدائية أو المتخلفة، حيث يقل فى هذه المواقع الاعتماد على التكنولوچيا وما تتطلبه من زيادة استهلاك الطاقة والغذاء والشراب، واستخدام المخصبات الزراعية ومبيدات الحشرات وغيرها من ملوثات البيئة.

ولا يعنى ذلك أن تلوث البيئة هو ضريبة التقدم الصناعى والتكنولوچى، ولكنه ضريبة الإهمال على المستوى العالمى فى مكافحة وسائل التلوث منذ البداية.

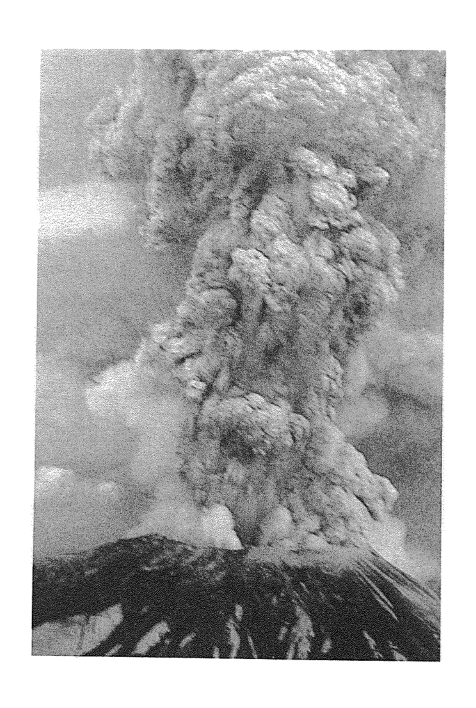
تشمل ملوثات البيئة كل الأشياء العضوية أو غير العضوية، الصناعية أو الطبيعية، الصلبة والسائلة والغازية، وكذلك بعض العوامل الطبيعية كالحرارة والضوضاء، والتى إذا زادت عن حد معين فى البيئة غيرت من صفاتها الأصلية تغيرا سلبيا ضارا بالإنسان والحيوان والنبات. وقد يكون التغير فى صفات وخواص البيئة تغيرا جزئيا أو كليا، بحيث تصبح البيئة بكل عناصرها من ماء وهواء وتربة غير صالحة للحياة بصفة عامة. فيصبح الماء غير صالح لحياة الأحياء المائية، ويصبح الهواء غير صالح للتنفس، بل ويصيب الجماد كالمبانى والمنشآت بالتلف، وتصبح غير صالحة للزراعة ولا تسر الناظرين. . .

وليست كل الملوثات من صنع الإنسان، فكثير منها موجود أصلا فى البيئة الطبيعية، أو تضاف إلى البيئة بفعل بعض العمليات الجيولوجية كالبراكين، انظر شكل (١). ومن تلك الملوثات أكاسيد الكبريت والنتروچين والكربون، وكلها ضمن مكونات الغلاف الجوى للأرض، وإن كانت نسبتها ضئيلة جدا لا تؤثر على حياة الإنسان والحيوان، بل يعد بعضها من ضروريات حياة النبات مثل ثانى أكسيد الكربون الذى يمتصه النبات ويدخل فى جسمه فى عمليات عضوية يتحول فى النهاية إلى مواد غذائية تعتمد عليها حياة الإنسان والحيوان.

وفيما يلى أهم ملوثات البيئة

مواد غازية مثل أكاسيد النتروچين، خاصة أكسيد النتريك (NO) وأكسيد النتروچين (NO_2).

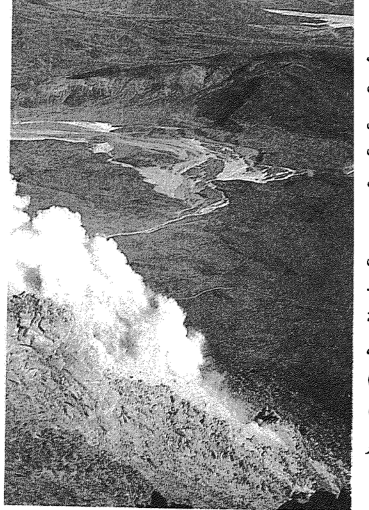
والنتروچين غاز عديم اللون والطعم والرائحة، وهو أخف من الهواء، وخامل كيميائيا فى درجات الحرارة العادية، ولذلك يستخدم فى الصناعة كغاز واق لمنع التأكسد خصوصا عند تداول المواد القابلة للاشتعال مثل الجازولين وغيره، وفى المصابيح الكهربائية لمنع تبخر الشعيرات المعدنية فيها. ويستخدم فى صناعة النشادر وحمض النتريك. . .إلخ.



شكل (١)

تقذف البراكين فى ثوراناتها بكميات هائلة من الأتربة والغازات التى تتصاعد فى الجو وتختلط بالهواء وتلوثه

ويكون النتروجين ٨٧٪ من حجم الغلاف الجوى للأرض (الهواء)، وحوالى ٧٥٪ من وزنه، ويقدر وزن النتروجين فى الهواء الذى يغطى ميلا مربعا من سطح الأرض بحوالى ٢٠ مليون طن. ولبعض مركبات النتروجين صفات مميزة، فأكسيد النيتروز (N_2O) مثلا له رائحة مفرحة، وطعم حلو، وإذا استنشقه الإنسان بكمية قليلة أحدث عنده رغبة فى الضحك المتواصل، ولذا يسمى الغاز المضحك، أما إذا استنشقه الإنسان بكمية كبيرة فإنه يصيبه بالنوم ويخدره.



ورغم أن بعض مركبات النتيروجين سامة وملوثة للبيئة، إلا أن النتروجين للبيئة، إلا أن النتروجين ذاته غذاء ضرورى للنبات ومكون رئيسى فى أجسام الحيوانات، حيث يوجد فيها ضمن مكونات البروتين.

ومن الملوثات الغازية ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيد الهدروجين (H_2S) ذو الرائحة المميزة مثل رائحة البيض الفاسد، وأول أكسيد الكربون (CO) والهالوچينات (الكلور والفلور واليود) ومركباتها، والأوزون وغيرها، انظر شكل (٢)

شكل (٢)

نافثة بركانية كبريتية تنبعث منها غازات كبريتية سرعان ما يترسب الكبريت حول فوهة النافثة مكونا رواسب كبريت، وأما أكاسيد الكبريت فتتطاير فى الهواء الجوى وتختلط معه وتلوثه. ولهذه الغازات دور فى تكون الأمطار الحمضية

وكان أبناء الحضارات القديمة يستخدمون الغاز الناتج عن حرق الكبريت (ثانى أكسيد الكبريت) لتطهير وتعقيم المنازل والأماكن العامة.

ويتحد ثانى أكسيد الكبريت الموجود فى الهواء الجوى بالأكسچين بمساعدة الأشعة فوق البنفسجية وغيرها مكونا ثالث أكسيد الكبريت (SO_3)، والذى يذوب فى مياه الأمطار، مكونا حمض الكبريتيك الفتاك (ماء النار) وتزيد حموضة مياه الأمطار وتسمي حينئذ بالأمطار الحمضية.

وللأمطار الحمضية (الحامضية) دور كبير فى إتلاف البيئة وتلوثها، حيث تغير من صفات المياه السطحية والمياه الجوفية، وقد تصبح المياه السطحية كالأنهار والبحيرات غير صالحة لحياة الأحياء المائية، وتصبح المياه الجوفية غير صالحة للاستهلاك الآدمى، هذا بالإضافة إلى أن الأمطار الحمضية تذيب الصخور والتربات الجيرية، وتؤدى إلى نحرها، وتسرى ما أذابته هذه المياه على هيئة مركبات كيميائية مختلفة لتضاف إلى مياه البحار والمحيطات والأنهار، أو يتسرب بعضها إلى تحت سطح الأرض، ويضاف إلى المياه الجوفية فتزيد من تلوثها.

وإذا سقطت الأمطار الحمضية على المزروعات والغابات أصابتها بالتلف.

وتؤدى الأمطار الحمضية أو رذاذ حمض الكبريتيك الموجود فى الجو إلى تآكل المواد المعدنية فى المبانى والمنشآت، مما يزيد من أعباء وتكاليف عمليات الصيانة والإحلال فى تلك المنشآت.

وفى المناطق التى يزيد فى هوائها تركيز ثانى أكسيد الكبريت، والذى يتصاعد من البراكين والنافثات البركانية (وهى شقوق فى سطح الأرض تتصاعد منها الغازات البركانية) مثل إيطاليا، فإن ثانى أكسيد الكبريت يتحول فى الجو إلى ثالث أكسيد الكبريت، الذى يذوب فى رطوبة الهواء أو مياه الأمطار مكونا حمض الكبريتيك الذى يتحد مع الملاطة الجيرية فى المبانى والمنشآت، وينتج عن ذلك الجبس (كبريتات الكالسيوم)، ويصاحب ذلك زيادة أو انتفاخ فى ملاطة الجدران فتتساقط ملاطة الجدران بمرور الوقت.

والكربون يدخل فى تكوين جميع الأجسام الحية، وهو يوجد فى الهواء الجوى على هيئة غاز ثانى أكسيد الكربون بنسبة ثابتة تقريبا تبلغ نحو ٠,٠٣ ٪ من حجم الهواء الجوى، فإذا زادت أو قلت هذه النسبة فى الهواء الجوى أدى ذلك إلى تلوثه، وتغير الطقس على سطح الأرض، وتتغير حينئذ معه كثير من ظواهر الحياة والبيئة.

فزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ترفع من درجة الحرارة على سطح الأرض فيذوب الجليد فى القارة القطبية الجنوبية وفى القطب الشمالى، وتضاف كميات كبيرة من المياه إلى البحار والمحيطات، فيرتفع منسوب المياه وتغرق العديد من المدن الساحلية ودالات الأنهار، مثل دلتا نهر النيل وبنجلاديش وغيرهما.

ويؤدى خفض نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى إلى خفض درجة حرارة سطح الأرض، وقد تتجمد المياه فى بعض المواقع.

الجدير بالذكر أن غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء كوكب الزهرة يصل إلى ١٠٠٠ ضعف مثيله فى الغلاف الجوى للأرض، إذ يكون هذا الغاز نحو ٩٠٪ من الغلاف الجوى للزهرة، ويحول هذا الغاز دون إشعاع الحرارة من سطح الزهرة إلى الفضاء الخارجى المحيط بها، وعلى ذلك فإن درجة حرارتها عالية تصل إلى ٤٢٥ درجة مئوية (تزيد نحو ١٠٠ درجة عن درجة انصهار الرصاص). ويعود لمعان كوكب الزهرة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون فى جوها، حيث يعكس هذا الغاز قدرا كبيرا من أشعة الشمس الساقطة عليها.

أما أخطر مركبات الكربون فهو أول أكسيد الكربون، حيث إنه غاز سام جدا للإنسان والحيوان، ويزيد من خطورة هذا الغاز أنه لا رائحة له تنذر بوجوده وتنبه منه، وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا كيميائى ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين، ولا يتفكك هذا المركب بتأثير التفاعلات الحيوية فى الجسم، وتزيد ثباتية هذا المركب حوالى ٢١٠ مرات عن ثباتية الأوكسى هيموجلوبين الذى يتكون باتحاد الهيموجلوبين مع الأكسجين.

يؤدى تكوين الكربوكسى هيموجلوبين نتيجة استنشاق غاز أول أكسيد الكربون إلى حرمان الجسم من الأكسچين وبالتالى فإن استنشاق أول أكسيد الكربون يؤدى إلى الوفاة فى غضون عدد قليل من الدقائق؛ لأنه يحدث شللا فوريا فى المخ وأعضاء التنفس.

والهالوچينات (الفلور والكلور واليود) ومركباتها ملوثات خطيرة للبيئة. والفلور غاز أصفر مائل إلى الخضرة الباهتة، وهو أثقل من الهواء، وهو غاز حارق أكال يبلى كل شيء يلامسه، وهو سام جدا، وقد أخذ اسمه من الكلمة الإغريقية فتورس Ftoros أى المتلف.

والكلور غاز سام أكال، وهو أثقل من الهواء وله رائحة خانقة ولونه أصفر مخضر.

واليود مادة صلبة ذات لون بنفسجى داكن، ويتحول بالتسخين إلى الغاز مباشرة (وتعرف هذه الظاهرة بالتسامى)، وبخار اليود سام.

والأوزون هو الآخر غاز ملوث للبيئة، رغم أن الذرات المكونة له هى الأكسچين أو عنصر الحياة (يتألف جزيء الأوزون من ثلاث ذرات أكسچين).

والأوزون (من الكلمة اللاتينية أوزو Ozo ومعناها أنا أشم رائحة) غاز ذو رائحة خانقة مميزة وتشبه رائحة السمك، وتبلغ كثافته مرة ونصف قدر كثافة الأكسچين، ولونه فى الحالة الغازية أزرق باهت، وفي الحالة الصلبة أزرق يميل إلى الأسود، ويتفكك الأوزون عند درجة حرارة قدرها ٣٠٠°م معطيا الأكسچين، ويحدث انفجارا أثناء ذلك. وإذا سخن الأكسچين إلى ١٥٠°م فإنه يتحول جزئيا إلى الأوزون، ويتكون الأوزون إذا تعرض الأكسچين إلى الأشعة فوق البنفسجية.

ويوجد الأوزون فى الهواء الجوى بنسبة جزء إلى مائة مليون جزء بالحجم تقريبا، وإذا زادت هذه النسبة إلى الضعف أصبح الهواء ساما وخطيرا على الإنسان والحيوان. وإذا استنشق الإنسان كمية ضئيلة من الأوزون أصيب بالصداع، وإذا زادت كميته فى الهواء قد يسبب الوفاة.

ويتكون الأوزون فى الغلاف الجوى نتيجة التفريغ الكهربائى فى طبقات الجو العليا، وكذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الأكسچين، حيث تتحلل بعض جزيئات الأكسچين إلى ذرات، ثم تعاود اتحادها مع الجزيئات مكونة الأوزون، وتتحلل بعض جزيئات الأوزون إلى الأكسچين. وينتج عن تكون وتحلل الأوزون بهذه الطريقة التلقائية فى الهواء الجوى أن تظل نسبته ثابتة تقريبا فى الجو، ويعتمد ذلك على الضغط ودرجات الحرارة.

ويبلغ أقصى تركيز لغاز الأوزون فى الهواء الجوى عند ارتفاع نحو ٢٥ كم تقريبا، أما قرب سطح الأرض فإن الأوزون يتحلل بسرعة أكبر بتأثير ذرات الأتربة والغازات الملوثة للهواء.

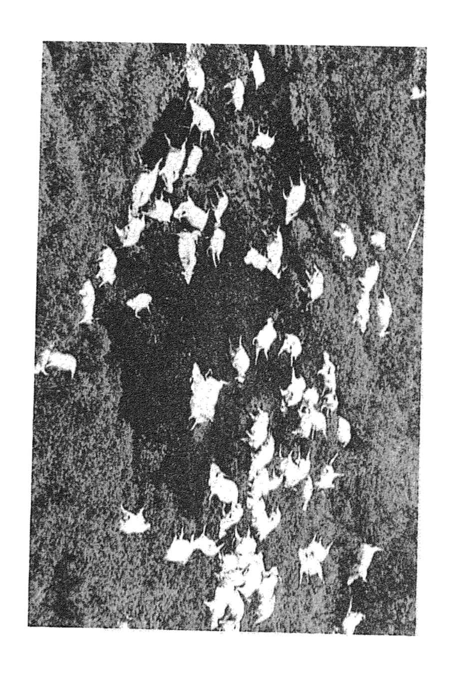
وتتكون كمية كبيرة نسبيا من الأوزون على شواطئ البحار، وتزداد عملية تحلل الأوزون إلى الأكسچين بزيادة كمية ونوع الملوثات فى الهواء الجوى.

وقد أثيرت فى الآونة الأخير ضجة كبيرة حول تحلل الأوزون فى طبقات الجو العليا بدرجة كبيرة، مكونة ما أطلق عليه اسم ثقوب الأوزون، وهى مناطق فى طبقات الجو العليا يقل فيها تركيز غاز الأوزون. ويشكك البعض فى أهداف ومقاصد هذه الضجة، وأن وراء هذه الضجة أهداف اقتصادية معينة أبطالها بعض شركات الكيماويات العملاقة!

وبما أن الأوزون غاز سام فإنه يستخدم تحت ضواط معينة فى تعقيم مياه الشرب والأطعمة وتطهير دورات المياه العامة؛ وذلك لأنه يقتل العديد من البكتريا. كما يستخدم الأوزون فى إزالة الألوان غير المرغوب فيها فى الزيوت وبعض المواد الصناعية الأخرى؛ وذلك لأنه يؤكسد ويحلل المركبات العضوية المسببة للألوان.

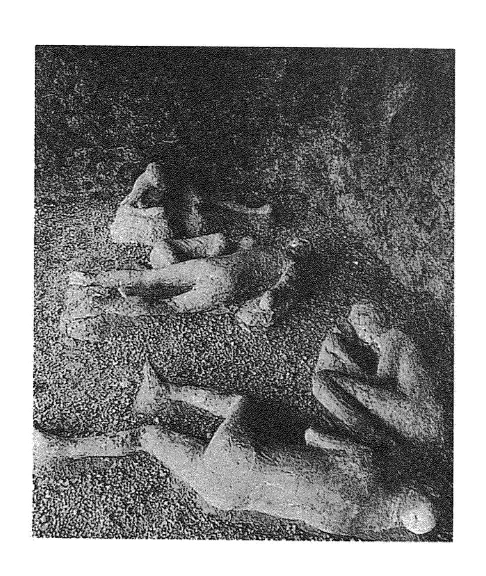
البراكين ملوثات للبيئة

البراكين هى فتحات فى صخور القشرة الأرضية تخرج منها المواد البركانية الصلبة والسائلة (الحمم) والغازية. وغازات البراكين سامة وقاتلة تصيب من يتعرض لها بالموت، انظر شكلى (٣)، (٤).



شكل (٣)

هناك بركة مشهورة فى دولة الكاميرون بأفريقيا تدعى بركة نيوس Nyos وهى مملوءة بالطين البنى اللون، وتحتل هذه البركة فوهة بركان قديم خامد، وتحيط بها مراع خصبة. وفى سنة ١٩٨٦م دب النشاط فى جوف البركان وأخذ يقذف الغازات وكان أكثرها ثانى أكسيد الكربون، فقضت هذه الغازات على قطيع من الماشية تصادف وجوده فى المنطقة وقتذاك (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).



شكل (٤)

تقذف البراكين ضمن ما تقذف بغازات خانقة وسامة، وتصيب من يتعرض لها بالاختناق والموت - ذلك ما حدث لسكان مدينة بومبى الإيطالية الذين داهمهم بركان فيزوف فى ثورته الشهيرة فى سنة ٧٩ ميلادية، فخنقت الغازات عددا كبيرا من سكان المدينة، ثم غطى الرماد البركانى أجسام هؤلاء الموتى وتحجرت بمرور الزمن. وقد تم العثور على هذه الأجسام المتحجرة لتحكى قصة هذه المدينة التى اندثرت تماما (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وتعد البراكين إحدى ملوثات البيئة حيث تقذف بآلاف وربما ملايين الأطنان من الأتربة والغازات التى تتصاعد فى الجو حتى تبلغ عنان السماء، وربما تجاوزت عشرات الآلاف من الكيلومترات، وتظل هذه المواد معلقة فى الهواء فترة طويلة قد تتجاوز الشهور، وقد تؤدى إلى حجب ضوء الشمس، ومن ثم انخفاض درجات الحرارة على سطح الأرض، وانتشار الصقيع الذى يؤثر على الحياة النباتية والحيوانية، كما حدث فى بركان تامبورا فى إندونيسيا فى أبريل ١٨١٥م والذى يعد أخطر الثورات البركانية فى العصور الحديثة، فقد حطم هذا البركان نفسه بعد فترة خمود طويلة وقذف فى ثورة عارمة بنحو ١٥٠ كيلومتر مكعب من الرماد البركانى والصخور المفتتة، وأطاح بكل هذا فى الهواء.

وغطت المقذوفات البركانية مساحة دائرية قطرها نحو ٥٥٠كم، وفقد هذا الجبل (البركان) ١٣٠٠ مترا من قامته (ارتفاعه). وبلغ عدد ضحايا هذا البركان آنذاك نحو ٥٠,٠٠٠ شخصا.

وقامت الرياح بنشر تراب بركان تامبورا إلى مناطق مختلفة من سطح الأرض، وبقى جزء كبير من هذا التراب عالقا بالهواء الجوى لعدة سنوات.

ومر عام ١٨١٥م بدون صيف فى مناطق واسعة من العالم بسبب اختفاء الشمس خلف الغيوم البركانية، وأثر ذلك على نمو المحاصيل الزراعية فلم ينضج بعضها.

وأطاح انفجار بركان كراكاتاوا Krakatoa فى جنوب شرق آسيا فى سنة ١٨٨٣م بأكثر من ٨٠ كيلو مترا مكعبا من الصخور فى الهواء، وقذف بكميات هائلة من الرماد البركانى الذى حمله الهواد الجوى ورسبه على مسافة تبعد ٥٠٠٠ كم من فوهة البركان.

وبالإضافة إلى الأتربة والغازات البركانية التى لوثت الهواء الجوى، فإن انفجار بركان كراكاتاوا قد أدى إلى تكون موجات طوفانية بحرية عاتية أغرقت سواحل جاوه وسومطرة وقتلت أكثر من ٣٠,٠٠٠ شخصا.

وبلغ سمك رواسب الرماد البركانى الذى قذفه بركان كراكاتاوا فى بعض المناطق نحو ٦٠ مترا. وقد أظلمت الدنيا على مسافة تبعد أكثر من ٢٥٠ كم من موقع البركان بسبب الغبار العالق فى الهواء.

وقد تنطلق الأتربة والغازات البركانية على هيئة غيوم نارية متوهجة تتجاوز حرارتها ٥٠٠°م، وربما تحركت بسرعة تتجاوز ١٦٠ كم/ ساعة.

وادى العشرة آلاف مدخنة

هناك منطقة فى آلاسكا بأمريكا الشمالية تدعى وادى العشرة آلاف مدخنة، وهى منطقة بركانية ممتلئة بالشقوق والفتحات التى تنبعث منها الغازات والأبخرة البركانية فيما يعرف باسم النافثات البركانية.

ويقدر ما ينطلق من هذ النافثات البركانية سنويا من غاز كلوريد الهدروچين (HCl) بأكثر من ١,٢٥٠,٠٠٠ طن، ومن فلوريد الهدروچين (HF) بأكثر من ٢٠٠,٠٠٠ طن، بالإضافة إلى غازات أخرى وعدد كبير من المركبات الكيميائية، التى يترسب بعضها حول النافثات، ويتشتت بعضها الآخر فى الغلاف الجوى ليترسب بفعل الأمطار فى مناطق بعيدة عن آلاسكا ومداخنها.

ولا يقتصر دور بعض البراكين على تلويث البيئة من هواء وماء وتربة، بل إن بعض البراكين قد قضت على حضارات عبر التاريخ القديم.

ومن تلك البراكين الجبارة بركان سانتورين Santorin فى إحدى الجزر التى تقع شمال جزيرة كريت، فى البحر الأبيض المتوسط، بنحو ١٢٥ كم.

وقد نشأت فى جزيرة كريت حضارة راقية فى الألف الثالث قبل الميلاد، واستمدت كثير من عناصرها الحضارية من الحضارة الفرعونية، وتكونت فى كريت فى أثناء ازدهار حضارتها مدن كبيرة مثل كنوسوس العاصمة فى الشمال الغربى من الجزيرة، وشيدت بها القصور الفخمة مثل قصر حاكم المدينة، ويعرف باسم المينوس (لفظ يقابل لفظ الفرعون فى مصر)، واستمرت حضارة كريت مزدهرة حتى منتصف الألف الثانى قبل الميلاد (١٥٠٠ - ١٤٠٠ ق م)، حيث انهارت فجأة فى هذا الوقت.

وهناك من يرى حاليا أن الحضارة الكريتية (أو المينوية ـ نسبة إلى المينوس) قد انهارت بسبب انفجار بركان سانتورين انفجارا عنيفا فى حوالى سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد.

ولبركان سانتورين ثورات عنيفة فى العصور التاريخية مثل ثورات ١٩٢٨، ١٩٣٨، ١٩٥٠م.

وهناك مؤشرات جيولوجية تبين أن بركان سانتورين قد انفجر فى ثورة عاتية فى حوالى سنة ٢٣٠٠ قبل الميلاد، وفى سنة ١٥٠٠ ق م ـ كما ذكرنا آنفا ـ وأن انفجار سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد يضاهى انفجار بركان كراكاتاوا فى جنوب شرق آسيا سنة ١٨٨٣م.

يرى العلماء أن انفجار بركان سانتورين ١٥٥٠ قبل الميلاد قد ولد موجات طوفانية بحرية عاتية أغرقت الجزر فى المنطقة، ومنها جزيرة كريت، هذا بالإضافة إلى الأتربة والغازات التى انطلقت فى السماء وانتشرت فى مساحات واسعة فحجبت ضوء الشمس عن تلك المناطق وانتشر فيها الصقيع، فماتت النباتات وعمت المجاعات حتى وصلت مصر فى ذلك الوقت.

وهناك أدلة قوية على أن الأرض شهدت فى تاريخها الطويل ثورات بركانية عاتية يصعب تصور مدى آثارها التدميرية على البيئة والحياة على سطح الأرض بصفة عامة.

وانقرضت الديناصورات بسبب التغير فى البيئة

يرى البعض أن الديناصورات التى عاشت وانقرضت منذ نحو ٢٥٠ مليون سنة قبل ظهور الإنسان على الأرض، قد انقرضت بصورة فجائية بسبب تغيرات قاسية فى البيئة؛ بسبب ثورات بركانية عاتية، أو بسبب رخات نيازك أفسدت بيئة الأرض، فاختنقت الديناصورات العملاقة سواء بالغازات السامة، أو أنها لم تجد ما تأكله؛ بسبب التغيرات الفجائية القاسية فى البيئة... مما يوحى بأن التغيرات الشديدة فى البيئة قد تؤدى إلى انقراض الحياة على الأرض سواء بصورة تدريجية (كما هو حادث الآن) أو بصورة فجائية كما حدث فى عصر الديناصورات.

الرصاص.. محطم روما

يعد كثير من الفلزات الثقيلة مواد سامة وملوثة للبيئة، مثل الرصاص والزئبق والحديد والخارصين والنيكل والقصدير والكادميوم... إلخ.

ويقف الرصاص على رأس هذه القائمة السامة من حيث الشهرة التاريخية فى القتل والتدمير..

فجميع أملاح الرصاص سامة، والرصاص يعمل كسم مركب (سم جمعى)؛ لأن التخلص منه عن طريق الكليتين بطىء جدا، ومن ثم يجب أن تؤخذ أكبر درجات الحيطة لتفادى حدوث التسمم نتيجة دخول الرصاص عن طريق الفم أو الأنف (التنفس)، ومن هذه الناحية عرف الرصاص تاريخيا باسم محطم روما، حيث استخدم أهل روما الرصاص (وكانوا يجلبونه من خارج روما) فى صناعة خط أنابيب مياه الشرب فى روما القديمة.

وقد أثبت علماء الآثار أن الماء الذى كان يشربه أهل روما كان مشبعا بثانى أكسيد الكربون، الذى يذوب جزئيا فى الماء مكونا حمض الكربونيك. ويتفاعل هذا الحمض مع الرصاص مكونا كربونات الرصاص التى تذوب فى الماء.

وعندما تدخل كربونات الرصاص فى جسم الإنسان فإن الرصاص يحل جزئيا، وبالتدريج محل الكالسيوم فى العظام، مما يؤدى بمرور الوقت إلى حدوث متاعب صحية خطيرة، خاصة إذا كان الرصاص من النوع المشع (الذى يتكون فى الطبيعة نتيجة التحلل الإشعاعى التلقائى لليورانيوم والثوريوم).. وبمرور الوقت تشبعت أجسام أهل روما بعنصر الرصاص السام، وكان ذلك أحد أسباب تدهور وانهيار الحضارة الرومانية فى رأى بعض مؤرخى هذه الحضارة.

وعلى ذكر مياه الشرب التى تلوثت (تسممت) بالرصاص فى روما القديمة، هناك قصة تاريخية طريفة أخرى بطليها القصدير والفضة فى مياه الشرب أيضا..

فقد جاء فى كتب تاريخ غزوات الإسكندر المقدونى (٣٥٤ ـ ٣٢٣ ق م) لبلاد الشرق، وأثناء اجتياح جيوش الإسكندر الأكبر الأسطورية لبلاد الحضارات

القديمة فى الشرق، تعرضت هذه الجيوش لحادثة غريبة لم يعرف لها تفسير آنذاك، ففى عام ٣٢٧ قبل الميلاد وصلت هذه الجيش حدود الهند القديمة، وكان الانطباع السائد وقتذاك أنه ليس بالإمكان وقف زحف هذه الجيوش أو مقاومتها، وفجأة انتشرت الأمراض المعوية فى صفوف الجيوش الغازية مما أنهكها وأضعف قواها، وبدأ الجنود يطالبون بالعودة إلى ديارهم، واضطر الإسكندر إلى الانسحاب والعودة من حيث أتى.

والطريف أن الأمراض المعوية كانت من نصيب الجنود دون القادة فى جيوش الإسكندر الأكبر، وذلك على الرغم من أن الجميع يعانون من أهوال الحرب فى هذه المسيرة القاسية من حلقات الصراع بين الشرق والغرب عبر التاريخ. ولم يتمكن أحد فى ذلك الوقت من إيجاد تفسير لهذه الظاهرة الغريبة، وبقيت لغزا طيلة أكثر من ألفى سنة. وأخيرا تبين السبب فى كئوس الشرب، إذ كان الجنود يشربون من كئوس مصنوعة من القصدير، أما القادة فكانوا يشربون من كئوس مصنوعة من الفضة الخالصة. وللفضة خاصية هامة، وهى أنها تقضى على الجراثيم الموجودة فى الماء، فلتعقيم لتر من الماء يكفى أن تذاب فيه بضعة أجزاء من المليار من الجرام من الفضة، ولهذا كان قادة جيوش الإسكندر المقدونى أقل تعرضا للإصابة بالنزلات المعوية من جنودهم؛ نظرا لاستخدامهم الكئوس الفضية(٢).

الجدير بالذكر أن كثيرا من حضارات الشرق كانت تعرف خاصية الفضة هذه، فكان ملوك الفرس يحفظون المياه فى أثناء رحلاتهم وغزواتهم فى أوان فضية.

وجاء فى الكتب الهندية القديمة أنه لتعقيم مياه الشرب يتم غمس قطع محمية من الفضة فيها، وكانت العادة المتبعة فى معظة بلاد الشرق أن ترمى قطعة نقدية فضية فى آبار الشرب لتقديسها (لتعقيمها بلغة هذا العصر).

ومن الملوثات أيضا المركبات الكيميائية العضوية، مثل مشتقات البترول والأحماض، والمخلفات الصناعية وأكثرها خطورة مبيدات الحشرات والقوارض ومبيدات الحشائش ومعظمها يندرج تحت لواء الهدروكربونات المكلورة مثل

الـ د.د.ت DDT، بالإضافة إلى المخصبات الكيميائية والبيولوجية (الهرمونات ... إلخ)، بالإضافة إلى المواد العالقة فى الهواء مثل السناج والدخان والأتربة وغيرها.

وللنفايات الصلبة والمواد المشعة والضوضاء والطاقة الحرارية، والموجات الكهرومغناطيسية التى تنتشر فى البيئة دور خطير فى تلوث البيئة وتسمم الكائنات الحية النباتية والحيوانية، والتى ينتهى بها المطاف إلى جسم الإنسان فتعمل فيه كالمعول، وسواء شعر الناس بذلك أو لم يشعروا فإن هذه الملوثات التى تدخل أجسامهم سوف تقضى عليهم فى النهاية، وعلى هذا الأساس فإن الوقاية خير ألف مرة من العلاج.

ملوثات قابلة للتحلل وأخرى ثابتة

يمكن تقسيم الملوثات إلى مجموعتين: إحداهما تتحلل تلقائيا أو بفعل العوامل الطبيعية أو البيولوجية (البكتريا بصفة خاصة) ومن ثم تقل أخطارها بمرور الوقت.

أما المجموعة الثانية فهى الأكثر خطورة، خصوصا على المدى البعيد، وهذه الملوثات أكثر صمودا تجاه عوامل التحلل فى الطبيعة، ومن ثم تظل آثارها باقية فى البيئة.

وقد تتفاعل الملوثات مع مركبات أخرى أو مع بعضها فى ظروف ملائمة، وينتج عنها مركبات أكثر خطورة وتلويثا للبيئة، وبالتالى تزداد أخطار هذه النوعية من الملوثات بمرور الوقت، خصوصا أثناء مرورها فى الدورة الغذائية (من النبات إلى الحيوان ثم الإنسان).

القدر المسموح من الملوثات

من طرائف موضوع تلوث البيئة ما يردده البعض (أفراد أو هيئات علمية أو وسائل إعلام... إلخ) من أن هذا المنتج الصناعى أو ذاك، أو أن هذه المخلفات الصناعية أو الزراعية أو تلك... إلخ تحتوى على القدر المسموح به «عالميا» من

الملوثات (وتشمل المواد الكيميائية الحافظة، أو المحسنات الصناعية أو اللونية أو غيرها. . .). وهذا فى الواقع خطأ كبير، ونضرب لذلك مثلا بالزئبق. .

ومعروف أن الزئبق سام جدا، رغم أنه دخل الطب منذ آلاف السنين، ولايزال، فمثلا يستعمل السليمانى (كلوريد الزئبق ثنائى التكافؤ) كمعقم، والكالوميل (كلوريد الزئبق أحادى التكافؤ) كملين أو مسهل. وتستخدم بعض مركبات الزئبق كمدر للبول، وأيضا فى المراهم لعلاج الأمراض الجلدية. . .

ونظرا لسمية الزئبق الشديدة فإن احتياطيات وتدابير وقائية صارمة تتخذ فى أثناء التعامل مع الزئبق ومركباته.

وبخار الزئبق سام جدا، وأنه يكفى عند سكب بعض قطرات من الزئبق فى أحد المختبرات التى لا تراعى فيها التدابير الوقائية المناسبة، أن يتشبع المختبر ببخار الزئبق ويصاب العاملون فى هذا المختبر بالتسمم الزئبقى. والمعروف أن الزئبق يفرز من الجسم عن طريق البول أو العرق ببطء شديد جدا، وبالتال تتجمع ذرات الزئبق فى جسم الإنسان وتؤدى إلى إصابته بالأمراض الخبيثة. ويبدأ ظهور أول أعراض التسمم الزئبقى بإدماء اللثة، يتبعها صداع وضعف فى الذاكرة وعسر فى الهضم، وأخيرا إتلاف الجهاز العصبى.

ونترك هذا الاستطراد مسرعين ونعود إلى حكاية القدر المسموح به من الملوثات. .

فقد وقعت أكبر حالات التسمم الزئبقى فى العصر الحالى فى خليج ماناماتا فى اليابان عندما تعرض سكان المنطقة للتسمم الزئبقى إثر تناول أسماك ملوثة بهذا العنصر.

وبعد البحث اتضح أن أحد مصانع اللدائن (البلاستيك) كان يلقى بنفاياته فى ماء البحر، ورغم أن تلك النفايات كانت تحتوى على القدر المسموح به من الزئبق، إلا أن الزئبق تراكم فى أجسام الأسماك من خلال دورة الغذاء الطبيعية (حيث إن مركبات الزئبق لا تتحلل بفعل البكتريا أو غيرها)، وظهرت حالات

التسمم الزئبقى إثر تناول الأسماك والمحاريات والرخويات الآتية من مياه خليج ماناماتا خلال شهر أبريل ١٩٥٦م، وفى فبراير ١٩٧١م تجاوز عدد المصابين بالتسمم الزئبقى ١٣٠ شخصا، مات نصفهم بعد أن أصيبوا باضطراب فى المخ والأعصاب.

ملوثات عالمية

معظم الملوثات لا تعرف الحدود ولا تقف عند الحواجز، فالإشعاعات النووية الناتجة عن التجارب النووية أو التسرب من المفاعلات النووية كما حدث فى مفاعل وندسكال Windscale البريطانى عام ١٩٥٧م، ومفاعل ثرى مايلز أيلند فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٩م، ومفاعل ويستفاليا بألمانيا الغربية سنة ١٩٨٥م، وأخيرا مفاعل تشرنوبيل بأوكرانيا سنة ١٩٨٦م. فهذه الإشعاعات النووية لوثت البيئة العالمية بدرجات متفاوتة.

والتراب والغازات البركانية التى تتصاعد بصفة مستمرة أو بصورة فجائية متقطعة... هى الأخرى إحدى عوامل تلوث البيئة العالمية.

والتراب النيزكى (النيزك: من كلمة نيزة الفارسية ومعناها السهم، وهى أجسام صلبة تتساقط من الفضاء الخارجى وتدخل بيئة الأرض، وبعض النيازك كبيرة الحجم تصل إلى مئات وآلاف الأطنان، أما أغلب النيازك فهى صغيرة مثل حبات الرمل أو أصغر...) الذى يتساقط من الفضاء الخارجى ويستقر فى البيئة الأرضية له دور كبير فى تلوث البيئة.

وهناك من يرى أن بعض هذه النيازك يأتى إلى بيئة الأرض حاملا أنواعا غريبة من الكائنات العضوية سرعان ما يظهر أثرها على هيئة أمراض غريبة، وعموما فإن النيازك قديمة قدم الأرض ذاتها، ولم يدرس دور التيازك فى تلوث البيئة دراسة كافية حتى الآن.

والأمطار الحمضية ملوث عالمى آخر، حيث تتولد مصادرها فى مواقع، وتنشرها الرياح إلى مناطق أخرى، وترسبها الأمطار بعد ذلك. كما حدث فى

شمال غرب أوروبا، حيث سقطت الأمطار الحمضية فى السويد والنرويج، وكانت بسبب ذوبان غازات المصانع البريطانية التى حملتها الرياح من بريطانيا إلى شمال غرب أوروبا.

وكثير من الأنهار الكبيرة فى العالم تخترق عدد من الدول بدءا من المنبع وحتى المصب، ومن ثم فإن أى تلويث لمياه مثل تلك الأنهار سيصيب عددا كبيرا من الدول سواء التى سببت التلوث أو غيرها من الدول التى تجرى تلك الأنهار فى أراضيها.

ولوث الـ د.د.ت البيئة العالمية

أما أخطر الملوثات العالمية، والتى انتشرت بشكل وبائى فى فترة وجيزة فى كل البيئة العالمية، فهو المبيد الحشرى والمعروف بـ د.د.ت DDT، وهو هدروكربون مكلور - وكما ذكرنا آنفا - فإن الهدروكربونات المكلورة هى أخطر الملوثات بصفة عامة.

وكانت مركبات د.د.ت قد استخدمت كمبيد حشرى فى نهاية الثلاثينيات، وشاع استخدامها على نطاق واسع منذ نهاية الحرب العالمية الثانية فى كل أنحاء العالم، وأصبحت منذ ذلك الحين إحدى أكبر ملوثات البيئة العالمية، سواء المياه أو الهواء أو التربات الزراعية.

ووجدت تركيزات عالية نسبيا من الـ د.د.ت فى شحوم وأكباد طائر البنجوين الذى يعيش فى القارة القطبية الجنوبية - ووصلت تركيزات هذا المبيد الحشرى الخطير إلى ١٠٠ جزء فى البليون فى بعض طيور البنجوين - وعزى ذلك إلى انتشار هذه الملوثات بالهواء الجوى حتى وصلت إلى القطب الجنوبى[١].

ويندرج الـ د.د.ت ضمن الملوثات التى تتحلل بمرور الوقت، حيث ينخفض تركيزها فى التربات الزراعية إلى ربع التركيز الأصلى بعد مضى نحو أربع سنوات على استخدام هذه المبيدات.

الجدير بالذكر أن هناك بعض الملوثات التى تزيد سميتها بمرور الوقت، حيث تتحول من صورة إلى أخرى مثل مركبات الزئبق غير العضوية الموجودة فى قيعان البحيرات والأنهار، فإنها تتحول فى غصون ١٠ ـ ١٠٠ سنة إلى مركبات عضوية مثل الزئبق المثيلى Methyl Mercury، وهو شديد الخطورة على الأحياة الحيوانية والنباتية فى هذه البحيرات والأنهار.

أما المواد المشعة فإنها تدوم أزمانا طويلة، وقد يتحول بعضها إلى عناصر أكثر إشعاعية وخطورة، ومن ثم تعد المواد المشعة من أخطر الملوثات العالمية أو المحلية على الاطلاق.

وهناك عوامل بيولوچية معينة قد تساعد على تركيز بعض الملوثات فى أجزاء معينة فى البيئة التى تنتشر فيها هذه الملوثات، وبالتالى فإن تركيز الملوث الواحد قد يتفاوت فى مكونات البيئة تفاوتا كبيرا. ففى دراسة أجريت على إحدى البحيرات فى ميتشجان بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن تركيز الـ د. د.ت يتفاوت فى بيئة هذه البحيرات تفاوتا كبيرا على النحو التالى:

١ ـ طين قاع البحيرة يحتوى على ٠,٠١٤ جزء فى المليون د. د. ت.

٢ ـ القشريات القاعية تحتوى على ٠,٤١ جزء فى المليون د. د. ت.

٣ ـ الأسماك تحتوى على ٣ ـ ٦ جزء فى المليون د. د. ت.

٤ ـ شحوم طائر النورس تحتوى على ٢٤٠٠ جزء فى المليون د. د. ت.

ويعزى تركز الـ د. د. ت فى شحوم طائر النورس؛ لأنه يتغذى على أسماك هذه البحيرة، وربما كان لطبيعة هذه الشحوم دور فى تركيز الـ د. د. ت فيها، حيث إن الـ د. د. ت يذوب فى هذه الشحوم أكثر من ذوبانه فى الماء.

سلسلة الغذاء هى المسئولة عن تركيز الملوثات

قد يكون لسلسلة الغذاء دور فعال فى تركيز ملوثات معينة فى جسم الإنسان. فقد وجد أن تركيز عنصر السيزيوم (١٣٧) فى أجسام سكان المناطق

القطبيـة الشماليـة يزيد بنحو ١٠ ـ ١٠٠ مرة عن تركـيز هذا العنصر فى أجـسام سكان المناطق الدافئة.

ويعود السبب فى ذلك إلى أن بعض الحشائش التى تنمو فى الأصقاع الباردة تجمع هذا العنصر فى أجسامها (وهى ظاهرة معروفة ـ فتجد نباتا معينا يهوى تجميع وامتـصاص عنصر معين من التـربة أكثر من غـيره)، وتتغذى حـيوانات الرنة على الحشائش المجمعة للسيزيوم (١٣٧)، ثم يتغذى سكان تلك المناطق على لحوم الرنة فتتركز فى أجسامهم نسبة عالية من عنصر السيزيوم (١٣٧).

والسيزيوم (نسـبة إلى كلمة سيزيوس اللاتينية، ومـعناها الأزرق السماوى؛ وذلك لأن لون طيف هذا العنصر أزرق) هو أحد عناصـر الأقلاء، خفيف الوزن، وهو يستخدم أسـاسا فى صنع الخلايا الضوئية ـ وهى أجهـزة تحول الضوء العادي إلى طاقة كـهربائية، ويسـتخدم أيضا فى صناعـات ضوئية مـتقدمة مـثل الإرسال التليفزيونى والنقل التلغرافى للصور إلى مسـافات بعيدة، وفى الرؤية والتصوير فى الظلام، وفى الأغراض العسكرية للكشف عن الأهداف والتصويب إليها بدقة بالغة فى الظلام... إلخ.

وفى جبال الروكى والسهول الشمالية من أمريكا الشمالية توجد تربات جيرية من العصر الطبـاشيرى تحتوى على تركيـزات عالية نسبيا من عنصـر سام جدا هو السيلنيوم.

وينعكس ذلك على النبـاتات التى تنمـو فى هذه التربة الـغنية بالسلينيـوم، وينتقل السلينيوم (أخذ السلينيوم اسمه من كلمة سيلين اللاتينية ومعناها القمر) إلى أجسام الحيوانات التى تتغذى على النباتات. وأخيرا، يجد هذا العنصر السام طريقه إلى جسـم الإنسان إذا تغذى عـلى لحوم الحيـونات أو النباتـات فى منطقة جـبال الروكى والسهول الشمالية لأمريكا الشمالية.

الجـدير بالذكر أنه ليـست كل التـربات الزراعيـة التى تحـتوى على عنصـر السيلـنيوم تعتـبر مـسممـة بهذا العنصـر أو ناقلة لهذا الـعنصر إلى جسـم النبات والحيوان، حيث يتوقـف انتقال العناصر الكيميائية من التـربة الزراعية إلى النباتات

التى تنمو فيها على رقمها الهدروچينى، أى خواصها الحامضية أو القلوية. فالتربات المرتبطة بتسمم السلينيوم - كما هو الحال فى جبال الروكى والسهول الشمالية لأمريكا الشمالية - تكون جيرية ولها خواص قلوية (رقمها الهدروچينى ٨ أو أكثر). وتتكون فى مثل هذه التربات مركبات كيميائية للسيلينيوم تذوب فى الماء، ومن ثم تمتصها النباتات بسهولة.

ويندر وجود التسمم بالسيلنيوم أو مرض زيادة عنصر السيلنيوم فى التربات الزراعية الحامضية حتى ولو احتوت هذه التربات على نسبة عالية من السيلنيوم، أى أن هناك تربات زراعية غنية بعنصر السيلنيوم ولكنها تربات غير سامة كما هو الحال فى جزر هاواى وغيرها(٣).

والسيلنيوم كما ذكرنا أنفا عنصر سام جدا، ويرافقه فى الطبيعة عناصر سامة أخرى أهمها الزئبق والرصاص والكبريت. وهناك طعمة فريدة للمعادن التى تحتوى على قدر من السيلنيوم، وهى أنها تطلق رائحة الفجل Horse - Radish عند تسخينها أو ترطيبها بالماء.

وإذا أضيف السيلنيوم بكمية ضئيلة إلى الزجاج الأخضر فإن هذا الزجاج يصبح شفافا (كريستال)، فإذا أضيف السيلنيوم بكمية كبيرة إلى عجينة الزجاج اكتسب الزجاج اللون الأحمر، وهو الزجاج الذى يستخدم فى عمل إشارات المرور الحمراء.

أما أسوأ استخدامات السيلينيوم من وجهه النظر البيئية فهو استخدامه كمانع للفرقعة فى البنزين حيث يحترق ويضاف عادمه إلى الهواء الجوى مع عادم البنزين، ومن ثم يلوث الهواء، كما يستخدم السيلنيوم فى صناعة مبيدات الحشرات والقوارض وفى حماية الخشب من السوس، وتستخدم بعض أملاح السيلنيوم فى معامل التصوير الفوتوجرافى بدلا من أملاح الذهب الغالية الثمن.

وكما ذكرنا سابقا يتوقف امتصاص السيلنيوم فى النباتات على كيميائية التربة الزراعية ووجود أو غياب بعض العناصر الكيميائية الأخرى، وكلها سامة، مثل الكادميوم والزرنيخ والزئبق والنحاس... إلخ.

وقد استهوت كيميائية السيلنيوم وانتقاله إلى جسم الإنسان ضمن سلسلة الغذاء، عددا من الباحثين وذلك منذ فترة طويلة، فقد دون الرحالة البندقى ماركو بولو فى أثناء رحلته من البندقية إلى الصين فى عام ١٢٩٥م أن بعض الدواب المحلية فى هضاب ومرتفعات العديد من الدول الآسيوية قد تعودت بغريزتها على تجنب تناول أعشاب معينة. أما الدواب المشابهة والتى أُتى بها من مناطق أخرى فقد ماتت بعد أن تناولت هذه الأعشاب، حيث أصيبت هذه الحيوانات بانتفاخ البطن.

ووجد العلماء فيما بعد أن النباتات التى أشار إليها ماركو بولو (وكان مواطنوه يسمونه ماركو الملايين، خاصة بعد أن عاد من رحلته الشهيرة وأخذ يحدثهم عما رآه من عجائب الشرق) هى نباتات مجمعة (جامعة) لعنصر السيلنيوم. وإن المرض الذى أصاب الدواب التى أكلت هذه الأعشاب هو مرض التسمم بالسيلنييوم Blind stagger.

ويصاب الإنسان بمرض التسمم بالسيلنيوم إذا تغذى على نباتات ومنتجات حيوانية تحتوى على هذا العنصر السام.

الجدير بالذكر إن جسم الإنسان يحتوى على قدر ضئيل من السيلنيوم، الذى يدخل فى بناء أحد الإنزيمات الضرورية للحياة (انظر الفصل الثانى).

وانخفض تركيز الكادميوم فى محصول الأرز

الكادميوم عنصر سام جدا وله استخدامات علمية وصناعية عديدة ومتنوعة، أطرفها استخدامه فى مختبرات الأدلة الجنائية للكشف عن البصمات وذلك برش طبقة رقيقة من مسحوق الكادميوم على الأسطح فتظهر عليها بصمات الأصابع بوضوح تام.

أما أسوأ استخدامات الكادميوم من الناحية البيئية فهو استخدامه فى صناعة الصواريخ النارية، حيث إن الكدميوم يلون اللهب بلون أزرق جميل.

وقد اهتم الباحثون ودرسوا احتمالات دخول الكادميوم فى السلسلة الغذائية، ووجدوا أن رطوبة التربة تؤثر تأثيرا كبيرا على انتقال وتركيز عنصر الكادميوم وغيره من العناصر السامة فى النباتات التى تنمو فى التربات الزراعية الغنية بهذه العناصر، فقد انخفض تركيز الكادميوم فى حبات الأرز حينما تظل نباتات الأرز تنمو فى حقول مغمورة بالماء بصفة مستمرة[٣]. وفى نفس الوقت فإن زيادة رطوبة التربة الزراعية تزيد من تركيز عنصر الموليبدنيوم فى النباتات إذا احتوت هذه التربة على عنصر الموليبدينيوم. ومعروف أن هذا العنصر يتواجد بتركيز عال نسبيا فى التربات الزراعية المشتقة من الصخور النارية وخاصة الجرانيت.

وعموما يتوقف تركيز العناصر الكيميائية السامة وغيرها فى النباتات على درجة ذوبانية مركبات هذه العناصر فى التربات الزراعية،وتختلف تركيزات العناصر الكيميائية فى البيئة الواحدة اختلافا كبيرا ومثال ذلك عنصرى الكالسيوم والاسترنشيوم.

فعنصرى الكالسيوم والاسترنشيوم(٩٠) عنصرين متشابهين فى خواصهما الكيميائية، ورغم ذلك فإن لكل منهما مسارا مغايرا للآخر فى أجسام النباتات والحيوانات والإنسان.

فنسبه الاسترنشيوم(٩٠)/ الكالسيوم فى النباتات تكون نحو نصف هذه النسبة فى التربة التى تنمو فيها هذه النباتات. مما يعنى أن النباتات تمتص الكلسيوم بدرجة أكبر من امتصاصها للاسترنشيوم.

الجدير بالذكر أن لعنصر الأسترنشيوم (نسبة إلى قرية سترونشيان فى اسكتلندا) أكثر من ١٦ نظيرا، أكثرها شهرة هو الاسترنشيوم (٩٠). وقد بدأت شهرته بعد العثور عليه ضمن الغبار النووى المنطلق أثناء الانشطار النووى، حيث يتكون هذا النظير المشع مع نظائر مشعة أخرى لعناصر كثيرة.

وتأتى خطورة الاسترنشيوم (٩٠) فى كونه يسلك مسلك الكالسيوم كما ذكرنا آنفا. ويرافقه فى المواد الغذائية، الحيوانية والنباتية التى تتعرض للتلوث الإشعاعى.

وإذا دخل الاسترنشيوم (٩٠) فى جسم الإنسان فإنه يكون بؤرا مشعة خطيرة تؤدى فى النهاية إلى الإصابة بالأمراض الخبيثة.

الجدير بالذكر أن نسبة الاسترنشيوم (٩٠)/ الكلسيوم تنخفض إلى الثمن (١/٨) فى ألبان الأبقار التى تتغذى على نباتات تنمو فى تربات غنية نسبيا بهذا العنصر المشع.

وتنخفض نسبة الاسترنشيوم (٩٠)/ الكالسيوم فى عظام الإنسان إلى نحو ربع هذه النسبة فى غذاء الإنسان. وذلك بسبب انتقاء العظام للكالسيوم بدرجة أكبر من انتقائها للاسترنشيوم مما يعنى أن هناك أجهزة بيولوچية (لم تعرف بعد) فى داخل كل جسم تضبط وتنظم تركيز العناصر فى داخل الجسم. ونتيجة لذلك فإن نسبة الاسترتشيوم (٩٠)/ الكالسيوم فى عظام الإنسان لا تزيد عن قدر ضئيل من هذه النسبة فى التربة الزراعية والتى تبدأ منها السلسلة الغذائية.

ويخنق الضباب الدخانى النباتات

تترك الملوثات بصمات قاسية وآثارا سلبية على الإنسان والحيوان والنبات وحتى الجماد.

فالنباتات تتأثر تأثرا بالغا بالتلوث. وقد تصاب النباتات بالاختناق بفعل الضباب الدخانى، وقد يتوقف نموها إذا زاد هذا الضباب عن حد معين أو قد تتعوق، أو لا تنمو بالمرة مثل الأركيدا والسبانخ والخص الأفرنجى وغيرها.

ونظرة عابرة إلى بعض النباتات الورقية فى بعض الشوارع فى بعض المدن شديدة التلوث مثل القاهرة تبين مدى الأضرار التى يسببها الضباب الدخانى الكثيف الذى تنفثه السيارات فى هذه الشوارع.

ولأكاسيد الكبريت التى تتصاعد من مسابك المعادن والصناعات التى يدخل الكبريت ومركباته فيها، وفلوريد الهدروجين والذى يتصاعد من مصانع الأسمدة والألومنيوم وغيرها أثر بالغ السوء على نمو النباتات بصفة عامة حتى لو كانت هذه الملوثات موجودة بتركيزات منخفضة فى البيئة فإنها تصيب النباتات بالعجز وتقلل من محاصيلها وجودة هذه المحاصيل.

ومعروف أن حساسية النباتات تجاه الملوثات تتفاوت تفاوتا كبيرا. ورغم ذلك فقد تحدث الملوثات سواء فى الهواء أو الماء أو التربة، تغيرات جذرية فى النباتات.. وهى تغيرات غير مرغوبة.

وتتغطى أسطح البرك بالطحالب

إذا تجول الإنسان فى بعض المناطق الزراعية فى الدلتا أو وادى النيل فإنه يشاهد منظرا يكاد يكون متشابها وهو وجود طبقة كثيفة من الطحالب تغطى مياه البرك وبعض المصارف الزراعية.. ولم تكن هذه الظاهرة مألوفة بهذا الشكل فى الماضى القريب ومرد ذلك إلى التلوث الشديد فى مياه هذه البرك والمصارف المائية، حيث يؤدى تركيز بعض المخصبات النباتية مثل الفوسفور والنتروجين والكربون وغيرها فى الأجسام المائية الراكدة إلى نمو الطحالب بصورة مكثفة تثير الانتباه، وتدل على زيادة التلوث بدرجة غير محتملة.

عصافير الكناريا كأجهزة إنذار لتلوث الهواء

ويؤدى تلوث الهواء إلى إصابة العيون والصدور بالالتهابات فى الإنسان والحيوان. ولبعض الحيوانات والطيور حساسية خاصة تجاه ملوثات الهواء مثل عصافير الكناريا التى يمكنها اكتشاف الغازات السامة فى الهواء، ومن ثم فقد استخدامها الإنسان للكشف عن الغازات السامة فى مناجم الفحم.

ويؤدى تلوث المياه إلى موت العديد من الأحياء المائية وذلك بسبب صب مخلفات المصانع وغيرها فى المجارى المائية.

وعموما يؤدى صب المخلفات الصناعية فى مياه الأنهار والبحيرات إلى جعلها غير صالحة للاستخدام الإنسانى. وعندما تستخدم هذه المياه فى الزراعة أو سقى الحيوانات فإن هذه الملوثات تتركز فى النباتات وأجسام الحيوانات لتصل فى النهاية إلى جسم الإنسان وتصيبه بالتسمم.

ولايقتصر تلوث المياه على التلوث الكيميائى أو البيولوجى (البكتيرى) فقد تتلوث هذه المياه تلوثا حراريا، فإذا زادت درجة حرار مياه الأنهار أو البحيرات عن حد معين أودت الحرارة الزائده بحياة قاطنى هذه المياه من الأحياء المائية.

ويتفاوت تأثير الجرعات المخففة من الملوثات من شخص لآخر كما هو الحال في كثيـر من الأدوية، فتجد دواء يسـبب آثارا جانبية لشخص بيـنما لا يظهر ذلك على غيـره، بل إن ذلك قد يظهـر على الشخص الواحد في مـراحل مخـتلفة من حياته. وقد عرف الأطباء منذ العصور القديمة أن العقاقير تختلف في صفاتها ومن ثم في سلوكها وأثرها (نفعا أو ضرا) من جسم لآخر.

فالدواء الواحد قـد يصلح لحاله مرضية معـينة ولا يصلح لغيرها على الرغم من التشابه الظاهري في الحالتين، فجسم الإنسان جهاز بالغ التعقيد، وكذلك الحال في الملوثات، فعلى الرغم من أنها ضارة وسامة لكل البشر، غير أن ضررها يكون شـديدا في حالات وأقل شـدة في حالات أخـرى. ومـثال ذلك الطرطيـر المقيء (طرطرات البـوتاسيـوم الأنتـيمـونيـة) قد يكون قـاتلا عند جـرعات في حـدود ١٣٠مليجـرام. غير أن هناك أشـخاصها يتـحملون الجرعـات الزائدة من الطرطير والتي تصل إلى ١٥جرام(١).

الجدير بالذكر أن التركيزات المنخـفضة من بعض الملوثات قد لا يظهر آثارها على الجسم إلا بعد فترات زمنية طويلـة من تعرض الأجسام لتلك الملوثات. ومثال ذلك العاملون في صناعة الأسبستوس.

وتراب الأسـبسـتـوس إذا دخل رئة الإنسـان فإنه يصـيـبهـا بسـرطان الرئة والتحجـر. وقد لا تظهر تلك الأخطار إلا بعد مـضي ٢٠ ـ ٣٠ سنه من التعرض لتراب الأسبستوس واستنشاقه.

والأسبستوس صخر يتكون من معـادن ليفية، حريرية طرية يمكن غزلها في خيوط ونسجها على هيئة قماش وهو مقاوم للأحماض ولا يحترق، واستخدم منذ زمن بعيد في صنع فتائل مصـابيح الإضاءة بالزيت، ويستخدم الآن لنفس الغرض بالإضافة إلى صناعة الملابس الخاصة برجال إطفاء الحرائق... إلخ.

أمراض بيئية

هناك بعض الدلائل على أن بعض الأمـراض الشائعة إنما تنشـأ بسبب تلوث البيئة، فهي إذن أمراض بيئية ومثال ذلك الربو والانتفاخ والالتهاب الشعبي.

وتنشـأ هذه الأمراض فـى الغالب بسـبب تعـرض الإنسان لملـوثات معـينة بتركيزات منخفضة خلال فتـرة زمنية طويلة. وبسبب انخفاض تركيز هذه الملوثات فإنهـا لا تحدث أضرارا حـادة سريعـة، ولكنها تتراكم ويزيد تأثـيرها بمرور الوقت ويعتمد ذلك على الظـروف الكيميائية والصحيـة للجسم والمواد الملوثة التى تعرض لها.

ما أصلح الدواء شيئا إلا أفسد مثله

ينسب هذا القـول فى كتب تاريخ العلم إلى الطبـيب العربى المشـهور الذى عاش فى زمن الجاهـلية وهو الحارث بن كلدة الثقـفى الذى نشأ فى الطائف وتعلم الطب فى مدرسة جندى سابور الفارسية وغيرها.. وذاع صيته فى الجاهلية وتناقل الناس أخبار مـحاوراته مع كسرى أنوشروان ملك الفـرس..، ويدل قول الحارث هذا على نظرته الشـاقبـة وخـبرته العـملية وتجـاربه الواسـعة واطلاعـه على تراث الحضارات القديمة فى الطب والدواء.

ويقول الأطباء اليوم أن الجرعات الزائدة من كثير من العقاقير تترك آثارا سامة على الإنسان سواء أحس بها الإنسـان على عجل أم ظهرت تلك الآثار بعد زمن. الجدير بالذكـر أنه لا توجد حدود فاصلـة كبيرة بين الجـرعات السامة والجـرعات الشافية فى معظم العقاقير.

ومع أن الماء هو مـصدر كل شىء حى فى الأرض فـإن الماء يصبح مـصدرا لكثير من الأمراض إذا كان ملوثا

ولا يزال قطاع كبـير من العـائلة البشرية يشـربون ميـاها غير نقـية، بل إن البعض يشرب ميـاها ملوثه كيميائيا أو بيولوچيا أو الاثنين.. ولـلأسف فإن كثيرا من الدول النامية لا تعتنى بتنقية مياه الشرب العناية الكافية.

ولايقتـصر دور المياه الملوثة على إتلاف أجسـام الإنسان والحيوان وإصـابتهم بالأمراض، بل إن المياه إذا احتـوت على شوائب عالقة أو مواد كيميـائية ذائبة فإن هذه المياه الملوثة تتلف ماكينات ضخ المياه والأنابيب الـتى تمر فيها، كما تؤدى هذه المياه إلى تآكل المنشآت الحديدية مثل القناطر والكبارى التى تمر فيها..

ويسبب الدوى الهائل الذى ينطلق من الطائرات الأسرع من الصوت إلى وقوع ضغوط شديدة على جدرات المبانى والمنشآت وكل الحواجز التى تصطدم بها مما يضعفها ويؤدى إلى انهيارها

وحتى الضوضاء تؤثر على جدران المنشآت كما تؤثر فى أجسام الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرا سلبيا.

من عجائب الملوثات

ومن الظواهر العجيبة فى تلوث البيئة هو تعاون الملوثات المختلفة فيما بينها على إحداث أكبر الأضرار بمكونات البيئة. وكأن هذه الملوثات تشد أزر بعضها البعض. ومن ذلك مثلا ما يقوم به رذاذ بعض الأملاح الذائبة مثل مركبات الحديدوز والمنجنيز والفاناديوم، حيث يزيد هذا الرذاذ من سمية ثانى أكسيد الكبريت.

وفى أحيان أخرى يحد أحد الملوثات من فعل الملوث الآخر إذا اجتمعنا سويا فى جسم الإنسان، ومثال ذلك الزرنيخ والسيلنيوم فإن أيا منهما سم زعاف فى حد ذاته، غير أنهما إذا اجتمعا سويا فى جسم كائن حى أبطل كل منهما سمية الآخر.

ومعروف أن أملاح السيانيد ذات سمية شديدة، فإذا تسربت هذه الأملاح مع مخلفات المصانع إلى مياه الأنهار والبحيرات فإنها تسمم كل الأحياء المائية، وتنتقل هذه السموم إلى جسم الإنسان إذا تغذى على أسماك هذه الأنهار.

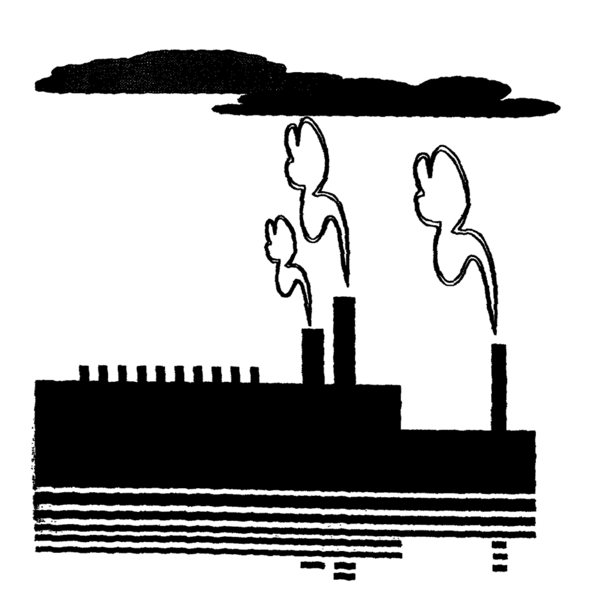
فإذا تصادف وجود أملاح الزنك أو الكادميوم مع أملاح السيانيد فإنها تتحد سويا مكونة مركبات شديدة الخطورة على الأحياء المائية وتزيد خطورة المركبات الناتجة عن خطورة أى من مركبات السيانيد والزنك والكادميوم. **وهذه هى مشكلة الملوثات المركبة التى يعانى منها نهر النيل فى مصر، والبحيرات شبه المغلقة مثل بحيرة التمساح والبحيرات المرة وبحيرة قارون والمنزلة والبرلس!**

فإذا تصادف وجود النيكل مثلا فى مخلفات المصانع التى تحتوى على مركبات السيانيد، فإن النيكل والسيانيد يتحدان سويا ويكونان مركبات أقل سمية من السيانيد بمفرده.

■●●●■

الفصل الثانى

العناصر الكيميائية فى الأرض وجسم الإنسان



تتكون جميع الأجسام فى الكون، بما فيها الإنسان، من عدد غير كبير من المواد البسيطة هى العناصر الكيميائية

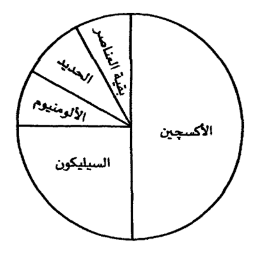
ويعرف حتى الآن ١٠٨ عنصرا كيميائيا، ويتفاوت تركيز هذه العناصر فى مكونات الأرض، والكون، تفاوتا شديدا وقد عرف أبناء الحضارات المتعاقبة منذ بداية التاريخ الإنسانى على سطح الأرض وحتى عصر الحضارة الإسلامية عناصر الذهب والفضة والنحاس والقصدير والرصاص والحديد والكبريت والزئبق والكربون والزرنيخ والخارصين (الزنك) والأنتيمون والبزموت.

ولا تعتبر هذه العناصر، باستثناء الحديد والكبريت والكربون، عناصر أساسية أو شائعة فى البيئة، ولكنها عناصر نادرة أو شحيحة.

وفرة العناصر فى البيئة

من حيث وفرة العناصر الكيميائية فى البيئة فإن هناك ١٢عنصرا فقط تكون نحو ٩٩ ٪ من وزن المادة فى الجزء العلوى من الأرض الصلبة وحتى عمق ٣٠ كم، بالإضافة إلى مياه البحار والمحيطات (والتى تغطى حوالى ٧٠ ٪ من سطح الكرة الأرضية) والغلاف الجوى، والغلاف الحيوى (النباتات والحيوانات).

والجدول (١) والشكل (٥) يوضحان وفرة العناصر فى البيئة من حولنا.



شكل (٥)

وفرة العناصر النسبية فى الجزء العلوى من الكرة الأرضية حتى عمق ٣٠ كم، بالإضافة إلى الماء والهواء والأحياء

جدول (١)

وفرة العناصر فى البيئة

العنصر الكيميائى	نسبته المئوية بالوزن فى البيئة
الأكسچين	٤٩,٨
السليكون	٢٦,٠٠
الألومنيوم	٧,٢
الحديد	٤,١
الكالسيوم	٣,٢
الصوديوم	٢,٣
البوتاسيوم	٢,٣
المغنسيوم	٢,١
الهدروچين	١,٠٠
التيتانيوم	٠,٤
الكلور	٠,٢
الكربون	٠,١٩
المجموع	٩٨,٧٩ ٪

أما بقية العناصر الكيميائيـة المعروفة حتى الآن والبالغ عددها ٩٦ عنصرا فلا تكون إلا حـوالى ١٪ من وزن المادة فى الجـزء العلوى من الكرة الأرضـيـة والماء والهواء والأحياء (النباتات والحيوانات).

ويطلق على العناصر الاثنى عشر السابقة اسم العناصر الغالبة أو الرئيسية

أما بقيـة العناصر فتعـرف باسم العناصر الشحـيحة أو الضئيلـة ومثال ذلك الذهب والفضة والنحاس والرصاص والزئبق والقصدير والبلاتين... إلخ.

والعناصر الغالبة باستثناء الكلور هى عناصر غير سامة. والغالبية العظمى من العناصر الشحيحة عناصر سامة كالرصاص والزئبق والكادميوم والزرنيخ واليورانيوم والثوريوم... إلخ.

فإذا نظرنا إلى الأكسچين وحده فإننا نجده علاوة على أنه عنصر الحياة والمميز لها على الأرض، حـيث يتنفسه الحيوان والـنبات، ولا يمكن للحيـاه أن تستـمر بدونه، فـإنه يكون وحـده حـوالى ٩٢٪ من حـجم مكونات الـقشـرة الأرضـيـة (الصخـور والمعادن والتـربة..) وحوالى ٤٧٪ من وزنهـا. وبالتالى يمكـن تصور القـشرة الأرضـية بمثـابة ذرات أكسـچين مـرتبطة ببـعضـها البـعض بواسطة ذات السيليكون والألومنيوم والصـوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديـد وبقية العناصر الغالبة أو الرئيسية.

ويعتبر الأكسچين العنصر الثالث من حيث الوفرة فى الكون بعد الهدروچين والهليوم. وهو عنصـر الحياة فى الأرض وقـد اكتشف فى مـادة سامة هى أكسـيد الزئبق. أما السيليكون فهو العنصر الثانى من حيث الوفرة فى الأرض، وهو يكون الرمال (الرمـل هو ثانى أكسيـد السيليكون فى الـغالب) وأغلب الصخـور المكونة للجبال.

ويعتبـر الألومنيوم العنصر الثالث من حـيث الوفرة فى الأرض، وهو مكود رئيسى لمعادن الطين المكونة للتربات الزراعية.

فإذا نظرنا إلى العناصر الغـالبة والعناصر الشحيحـة بمنظار چيولوچى. فإننا نجـد العناصر الغـالبة تـكون معـادن تعرف باسم المعـادن المكونة للصـخور (مـثل الجرانيت والبـازلت وحجر الجيـر وحجر الرمل. .)، أما العناصـر الشحيحـة فهى تكون معادن تسمى معادن الخامات والرواسب المعدنية. ومن ثم فإن الصخور لابد أن تكون هى الغالبة فى سطح الأرض، أما الخامات والرواسب المعدنية مثل الذهب والفضة والنحاس والقصدير. . . إلخ فهى نادرة أو شحيحة.

العناصر الشحيحه فى حياة الإنسان

توجد بعض العناصـر الشحيحـة فى جسم الإنسان والكائنات الحيـة بمقادير ضئيلة جدا، ورغم ذلك فـهى أهم لصحة الإنسان من الڤيتامينات، وذلـك لأن الڤيتامينات عبارة عن مركبات كيميائية يمكن تصنيعها وإنتاجها بوسائل صناعية، أما العناصـر الكيميائية الـتى يحتاجها الإنسـان وجميع الكائنات الحيـة فلا يمكن تصنيعها ولكنها توجد فقط فى البيئة الطبيعية من صخور وتربة زراعية ومياه وهواء (أمكن بواسطة التفاعـلات النووية تحويل عنصر كيمائى إلى عنصـر آخر والحصول على بعض العناصـر الكيميـائية ـ وتسمى العناصـر الاصطناعيـة أو المصنعة وهى عناصر عالية الإشعاع وشديدة الخطورة على أجسام الكائنات الحية. . .).

وهناك ارتباط وثيق بين تـركيب الكائنات الحية (بمـا فيها الإنسـان) وتركيب القشرة الأرضية. وترجع الأمراض المسـتوطنة فى النباتات والحيوانات إلى زيادة أو نقص عنصر أو أكثر من العناصر الكيميائية فـى البيئة التى تعيش فيها تلك النباتات والحيوانات.

وتعتـمد البروتينات فى أداء وظائفـها الإنزيمية والهـرمونية على كـاتيونات وأنيونات بعض العناصر الكيميائية، ويرجع الدور الأساسى لتكوين الصورة الفعالة لهرمـون الأنسولين مثـلا إلى أيونات الزنك، ويساهم كـثير من الكاتيـونات ثنائية التكافـؤ للمنجنيـز والزنك والـنيكل والكروم والحـديد وغـيرها فـى تكوين البناء الحلزونى للأحماض الأمينية. فالعناصر الكيميائية تؤثر تأثيرا كبيرا ومباشرا فى سير العمليات الإنزيمية وفى أيض Metabolism المركبات المختلفة فى أجسام الكائنات الحية[٤].

وتساهم كثير من الكاتيونات الثنائية التكافؤ للمغنسيوم والمنجنيز والزنك وغيرها مساهمة فعالة فى الحفز الإنزيمى وذلك عن طريق قيامها بربط المادة المتفاعلة بالإنزيم وذلك أثناء تكوين معقد الإنزيم والمادة المتفاعلة. مما يعنى أن العناصر الكيميائية تؤثر فى واقع الأمر فى جميع أوجه الأيض أو التفاعل الحيوى للمواد فى أجسام الكائنات الحية[٤].

ويرى بعض علماء البيولوجيا أن الحياة على سطح الأرض لا يمكن أن تستمر بدون العناصر الشحيحة؛ لأن كثيرا من تلك العناصر تعتبر ضرورة أساسية من ضروريات الوظائف الحيوية الكيميائية والفسيولوجية.

وتشير التجارب المعملية على حيوانات التجارب بأن التركيزات المناسبة من كثير من المركبات الكيميائية لعدد كثير من العناصر يمكن أن تشفى من كثير من الأمراض الخطيرة وغيرها.

وتوجد محاولات جادة لدراسة دور وأهمية العديد من العناصر الكيميائية ومركباتها على صحة الإنسان والدور الحيوى لتلك العناصر ومواقعها فى الجدول الدورى للعناصر، علما بأنه يعرف منذ زمن بعيد الأثر السام لعناصر الزرنيخ والرصاص والزئبق ومركباتها.

العناصر الخفيفة فى حياة الإنسان

تتكون الكائنات الحية المكونة للغلاف الأحيائى فى الأرض (الإنسان والحيوان والنبات) من العناصر الكيميائية الخفيفة بصفة أساسية. ويزيد فى أغلب الأحيان التأثير السام للعناصر التى توجد داخل المجموعة الفرعية الواحدة فى الجدول الدروى للعناصر كلما انتقلنا من العناصر الخفيفة إلى العناصر الثقيلة، وتقل بجانب ذلك تركيزاتها فى أجسام الكائنات الحية.

ولم يعرف بعد أهمية العناصر الكيميائية ذات العدد الذرى الأكبر من (٣٥) (وهو العدد الذرى للبروم) بالنسبة لجسم الإنسان، وذلك على الرغم من اكتشاف

ما يزيد عن ٦٠ عنصرا كيميائيا تدخل فى تركيب أجسام الكائنات الحية المكونة للغلاف الأحيائى.

ومن بين الستين عنصر هذه هناك مجموعة عناصر توجد بصفه دائمة فى تركيب أى من هذه الكائنات الحية الراقية أو البسيطة، ومثال ذلك الكربون والنتروچين والهدروچين والأكسچين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والخارصين والحديد والمنجنيز والنحاس والكوبالت.

أما بقية العناصر التى تم اكتشافها فى الكائنات الحية فهى ليست بالضرورة أن توجد كلها مجتمعة فى نوع واحد من الكائنات الحية، بل إن وجود بعضها يكون خاصا ومميزا لبعض أصناف ورتب الكائنات الحية.

ويعتبر الموليبدنيوم والبورون والفاناديوم والصوديوم واليود والكلور أكثر تلك العناصر انتشارا فى أجسام الكائنات الحية بصفه عامة.

وقد يكون لزيادة تركيز عنصر أو عناصر كيميائية فى البيئة (الماء والهواء والتربة) آثار خطيرة على صحة النبات والحيوان، وبالتالى تؤثر هذه الزيادة فى صلاحية الغذاء ومصادر المياه فى هذه البيئة للاستهلاك الآدمى.

ويعتبر الكادميوم والرصاص والزئبق والزرنيخ والسيلنيوم والموليبدنيوم وغيرها ملوثات لغذاء وشراب الإنسان والحيوان. وقد تضاف هذه العناصر الكيميائية - فى صورة مركبات كيميائية - إلى البيئة من المواد الصناعية المتداولة والمستخدمة فى أغراض متعددة مثل المبيدات الحشرية والبويات أو الأسمدة والمخصبات الزراعية عموما... إلخ.. أو قد تشتق هذه العناصر مع غيرها من الصخور خلال عمليات تجويه الصخور وتفتتها وذوبان أجزاء منها فى العمليات الچيولوچية الطبيعية التى تحدث فى كل يوم منذ ملايين السنين، ثم تنتقل نواتج التجويه إما ذائبة أو معلقة أو فى صورة غروية أو على هيئة ذرات مع التراب تذروها الرياح وتضيفها إلى التربة الزراعية أو مصادر المياه الطبيعية مثل الأنهار والبحيرات.. وفى النهاية تجد هذه العناصر الكيميائية السامة طريقها إلى جسم الإنسان.

وبالطبع فإن للإنسان دورا كبيرا فى تلوث البيئة بالعناصر الكيميائية السامة وذلك إذا لم يتبع الطرق الصحيحة فى التخلص من النفايات الصناعية أو مخلفات صهر المعادن أو حتى طرق نقل نواتج المناجم من مواقعها إلى مواقع استخدامها. .

ويحتاج جسم الإنسان. وبقية الكائنات الحية إلى كميات معينة من كل عنصر من العناصر الكيميائية التى تدخل فى تركيب الجسم. ويؤدى زيادة أو نقص نسبة العنصر أو العناصر فى الجسم إلى حدوث خلل فى الجسم ووظائف أعضائه وإصابته بالأمراض. وهذا هو المعنى الحقيقى لتلوث البيئة. فيؤدى التسمم المزمن بعنصر البريليوم مثلا نتيجة زيادة تركيز هذا العنصر فى الجسم، إلى الإصابة بمرض الساركويدوزس Sarcoidosis وهو نوع من التليف الذى ينشأ بسبب التفاف بعض خلايا الجسم مثل كرات الدم البيضاء وغيرها، حول ذرات عنصر البريليوم الغريبة لغرض السيطرة عليها ومهاجمتها لحماية الجسم من أخطارها. وبمرور الوقت وتزايد تركيز ذرات البريليوم والتفاف خلايا جسم الإنسان حولها. . تتكون درنات أو مناطق متليفة. ويتوقف خطورة التليف هذا على موقعه فى جسم الإنسان وحجمه. . . إلخ وأكثرها خطورة ما يتكون فى الكبد والطحال والرئتين وغيرها من المناطق الحساسة فى الجسم.

ويؤدى التسمم بالرصاص إلى إصابة بعض عضلات الجسم بالشلل.

والمعروف أن الزئبق وأملاحه سموم فتاكة، ويتحد الزئبق مع بروتين الأنسجة فى الكلية ويمنعها من أداء وظيفتها وترشيح المواد الضارة فى الدم. ويؤدى ذلك إلى التسمم.

وللكادميوم وبعض مركبات الفوسفور والسيانيد وحمض الهدروسيانيك وغيرها آثار سامة إذا تعرض لها الإنسان.

ومعروف أن الكادميوم عنصر سام جدا ويدخل فى إنتاج سبائك مقاومة للتآكل بالكيمياويات وفى طلاء الحديد والفلزات الأخرى لحمايتها من الصدأ. وفى صناعة الصبغات المستخدمة فى المطاط الصناعى والألياف والصناعية واللدائن (البلاستيك) وفى صناعة الصواريخ النارية، حيث إن الكادميوم يلون اللهب بلون

أزرق جميل. ويستخدم الكادميوم كذلك فى مختبرات الأدلة الجنائية للكشف عن البصمات وذلك برش طبقة رقيقة من مسحوق الكادميوم على الأسطح فتظهر عليها بصمات الأصابع بوضوح تام.

وعلى الرغم من أن الكربون من العناصر الكيميائية الأساسية فى جسم الإنسان والنبات والحيوان، إلا أن بعض مركباته مثل أول أكسيد الكربون يعتبر غاز سام جدا للإنسان والحيوان. ويزيد من خطورة هذا الغاز فى أنه لا رائحه له تنذر بوجوده. وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا كربوكسى هيموجلوبين، وهو مركب ثابت ولا يتفكك بتأثير التفاعلات الحيوية فى الجسم وتزيد ثباتية هذا المركب نحو ٢١٠ مرات عن ثباتية الأوكسى هيموجلوبين الذى يتكون باتحاد الهيموجلوبين مع الأكسچين.

ويؤدى تكون الكربوكسى هيموجلوبين نتيجة وجود غاز أول أكسيد الكربون فى الجسم إلى حرمان الجسم من الأكسچين. ويؤدى استنشاق غاز أول أكسيد الكربون إلى الوفاة فى غضون عدد قليل من الدقائق؛ لأنه يحدث شللا فوريا فى المخ وأعضاء التنفس.

ويتكون غاز أول أكسيد الكربون من عدم احتراق الغاز الطبيعى أو الفحم أو غيرها احتراقا كاملا، أى فى وجود كمية قليلة من الأكسچين.

تقسم العناصر الكيميائية حسب مقاديرها وتركيزاتها فى أجسام الكائنات الحية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هى:

١ ـ العناصر الرئيسية.

٢ ـ العناصر الدقيقة.

٣ ـ العناصر المتناهية فى الدقة.

١. العناصر الرئيسية

وتضم مجموعة العناصر الكيميائية التى يكون العنصر الواحد فيها أكثر من ٠,٠١٪ من وزن الجسم، وتشمل العناصر التالية:

- **الأكسچين**
- **الكربون**
- **الهدروچين**
- **الكالسيوم**
- **البوتاسيوم**
- **النتروچين**
- **الفوسفور**
- **الكبريت**
- **المغنسيوم**
- **الصوديوم**
- **الحديد**
- **الكلور**

٢. العناصر الدقيقة

وهى العناصر التى يتـراوح وزن العنصر الواحد منهـا فى جسم الكائن الحى من ١ ٠ ٠ , ٠ ٪ إلى ١ ٠ ٠ ٠ ٠ ٠ , ٠٪ من وزن جسم الكائن الحى، وتضم العناصر التالية:

- المنجنيز
- الزنك
- النحاس
- البورون
- الموليبدنيوم
- الكوبالت.. وغيرها.

٣. العناصر المتناهية الدقة

وهى العناصر التى توجد بكميات ضئيلة جدا فى جسم الكائن الحى، وعادة لا يزيد وزن العنصر الكيميائى الواحد عن ١٠٠٠٠٠,٠٪ من وزن جسم الكائن الحى ومثال ذلك الزئبق والذهب واليورانيوم والراديوم وغيرها.

وتوجد العناصر الكيميائية الرئيسية والدقيقة التى تدخل فى تركيب الجسم فى صورة مركبات كيميائية متنوعة.

. الماء فى أجسام الكائنات الحية

يشكل الماء حوالى ٧٥٪ من وزن الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) فى الأرض. وتتفاوت كمية ماء الجسم فى الكائنات الحية تفاوتا كبيرا، فتتراوح كمية الماء من ٤٠ ـ ٦٠٪ فى النباتات الخشبية، وتصل إلى ٩٩٪ فى قنديل البحر.

ويتكون معظم جسم الإنسان من الماء (أى من الهدروچين والأكسچين) ويكون الماء الجزء الرئيسى من خلايا الجسم والسوائل فى الجسم. وتتراوح كمية المياه فى جسم الإنسان من أكثر من ٥٠٪ إلى نحو ٩٠٪ من وزن الجسم.

ويلعب الماء دورا أساسيا فى توفير الظروف المناسبة للنشاط الحيوى، حيث يوفر البيئة المناسبة لسير العمليات الحيوية والكيميائية التى تؤدى إلى التجديد المستمر للماده الحية فى الجسم. كما يساهم الماء فى تفاعلات التحليل المائى. ويعمل الماء كمذيب لكثير من الأيونات والجزيئات، وكمادة ناقلة فى العمليات الكيميائية التى تحدث فى الخلايا الحية، ويقوم الماء كذلك بتنظيم درجة حرارة الجسم من خلال عملية البخر من الرئتين والجلد[٤].

ويختلف دور العناصر الكيميائية فى أجسام الكائنات الحية من مادة علاجية إلى مادة سامة أو مسببة للأمراض الخطيرة أحيانا وذلك حسب تركيز تلك العناصر الكيمائية والمركبات التى تشترك فيها هذه العناصر.

وقد لاحظ بعض علماء البيئة منذ أوائل هذا القرن أن هناك علاقة وثيقة بين صحة الإنسان والعناصر الكيميائية الشائعة فى البيئة أو الوسط الذى يعيش فيه

الإنسان. فالأهالى الذين يقطنون فى مناطق جغرافية فقيرة فى عنصر اليود (خاصة فى السطح العلوى للتربة الزراعية) ينتشر بينهم مرض تضخم الغدة الدرقية. وعند إضافه اليود إلى طعام هؤلاء السكان (على هيئة يوديد الصوديوم - المضاف إلى ملح الطعام) انخفضت الإصابة بهذا المرض بشكل ملحوظ.

والكميات المناسبة من عنصر الفلور تقلل من الإصابة بتسوس وتآكل الأسنان، فإذا زادت كمية الفلور فى جسم الإنسان أصيب الجسم بمرض زيادة الفلور أو الفلوروزس والذى يسبب برقشة الأسنان والعظام كما هو الحال فى بعض المناطق فى جنوب الهند وجنوب أفريقيا(٥).

والجرعات الضئيلة جدا من السلينيوم قد تؤدى إلى وقف نمو الكائن الحى وبالتالى الوفاة. كما إن التركيزات الضئيلة من الزرنيخ فى مياه الشرب مثلا تؤدى إلى التسمم بالزرنيخ. الجدير بالذكر أن التسمم باحد العنصرين السابقين (السلينيوم والزرنيخ) يتم علاجه بالعنصر الآخر.

وفيما يلى عرض موجز لدور بعض العناصر الكيميائية فى جسم الإنسان:

١. الكالسيوم

الكالسيوم هو عمدة العناصر فى جسم الإنسان. إذ يحتوى جسم الإنسان على مقدار من الكالسيوم أكبر من أى عنصر أساسى آخر. كما أن الكالسيوم عنصر ضرورى لجميع الحيوانات.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ السليم على حوالى ١٢٠٠جرام كالسيوم. ويوجد حوالى ٩٩٪ من هذه الكمية على هيئة فوسفات الكالسيوم فى العظام والأسنان. ويوجد الجزء الباقى من الكالسيوم (حوالى ١٪) فى السوائل الخلوية ويكون متأينا جزئيا ومرتبطا جزئيا بالبروتين فى الجسم(٦).

ويعمل الكالسيوم على زيادة فاعلية بعض الإنزيمات فى الجسم ويقوم الزنك بدور مضاد للكالسيوم فى هذه الإنزيمات، حيث يقلل الزنك من فاعلية هذه الإنزيمات.

وتعتبر الألبان المصدر الرئيسى للكالسيوم، تليها اللحوم والأسماك والبيض؛ ونظرا لأن الكلسيوم عنصر شائع فى البيئة حيث يكون حوالى ٤٪ من وزن القشرة الأرضية فإن هذا العنصر متوافر فى عدد كبير من المصادر الغذائية. ورغم ذلك فقد يصاب البعض بمرض نقص الكالسيوم علـى الرغم من توافر الكالسيوم فى الغذاء. ويعزى ذلك إلى أسباب عديدة منها زياده تركيز عنصـر كيميائى سام هو الكادميوم فى جسم الإنسان، حيث يمنع الكادميوم الجهاز الهضمى من امتصاص الكالسيوم. ويزيد من إفراز الكالسـيوم فى البول. وقد وجـدت هذه الظاهرة فى بعض المناطق فى اليابان. وتم التـعرف على مصـدر الكادميـوم من خلال المسح البيـئى، حيث وجدت مزارع أرز ملوثة بالكادميوم بسبب ريها بمياه جوفية مشبعة بعنصر الكادميوم السام(٦).

وقد يؤدى تغـذية الحيوانات بأعـلاف فقيـرة فى عنصر الكالسـيوم إلى زيادة امتصاص عنصر الفلور فى الجهـاز الهضمى لتلك الحيوانات، ومن ثم تصاب تلك الحيوانات بأمراض زيادة الفلور وأهمها برقشة العظام والأسنان.

وتتشـابه التفاعـلات الحيوية لعنصـرى الكالسيوم والاسـترنشيـوم فى جسم الإنسان والحيوان. وهناك نظيـر للاسترنشيوم يعرف باسم الاسـترنشيوم (٩٠) وهو نظير شـديد الإشعاع. ويتـولد الاسترنشيـوم (٩٠) فى التفاعـلات النووية ويوجد بوفرة فى بيئـتنا فى الوقت الحاضر. ويدخل الاسترنشـيوم (٩٠) فى سلسلة الغذاء عن طريق النباتات والأسماك وغيرها من المواد الملوثة إشعاعيا.

ويتناسب امتـصاص الاسترنشيـوم بما فيه النظير المشع، فـى جسم الإنسان، تناسبا عكسيـا مع تركيز عنصر الكالسيوم فى الجسـم، بمعنى أنه إذا انخفض تركيز الكالسيوم فى الجسم زاد امتصاص الاسترنشيوم. ولذا يجب العناية والاهتمام بغذاء الأطفال خصوصا فى مراحل نموهم السريع وتكون العظام من حيث توافر تركيزات عاليـة نسبيـا من الكالسيوم فى غـذاء الأطفال حتى لا يتـرسب الاسترنشـيوم فى عظامهم وما يتبع ذلك من إصابتهم بالأمراض الخطيرة.

٢. الكلور

الكلور غاز حارق ومهيج للأنسجة، ويؤدى التعرض واستنشاق الكلور إلى متاعب صحية قد تسبب الموت.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ الذى يزن حوالى ٧٠ كجم على حوالى ٨٢ جرام من الكلور. وللكلور دور هام فى العمليات الحيوية بالجسم وذلك بالتعاون مع عدد من العناصر الأخرى. ويعتبر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم ـ وأسماه العرب قديما بالملح الحلو ـ أما السكر فكان يسمى الملح الهندى) المصدر الرئيسى للكلور فى جسم الإنسان.

٣. المغنسيوم

المغنسيوم عنصر شائع فى البيئة، حيث يكون حوالى ١,٩ ٪ من وزن القشرة الأرضية.

وتحتوى مياه البحار والمحيطات على كميات هائلة من المغنسيوم، حيث يحتوى المتر المكعب من ماء البحر على حوالى أربعة كيلو جرامات من المغنسيوم. ويعتبر المغنسيوم عنصرا ضروريا لكل الكائنات الحية النباتية والحيوانية. وهو مكون رئيسى فى صبغة الكلوروفيل الخضراء فى النبات. كما إن له دور فعال فى نشاط الإنزيمات فى أجسام الحيوانات والإنسان.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ السليم على حوالى ٢٤ جرام مغنسيوم تتركز أساسا فى العظام والسوائل الخلوية فى الجسم. وتعتبر الأغذية البحرية والجوز والبندق والخضروات والبقول المصدر الرئيسى للمغنسيوم فى غذاء الإنسان.

ويؤدى نقص المغنسيوم فى جسم الإنسان إلى احتمال إصابته ببعض امراض القلب والأوعية الدموية مثل عدم انتظام دقات القلب.

أما زيادة المغنسيوم فى جسم الإنسان قد يساعد مع عوامل أخرى على تكون حصوات الكلى.

ويستخدم المغنسيوم كثيرا فى الطب وصناعة الدواء مثل المواد الملينة (مثل الملح الإنجليزى وهو كبريتات المغنسيوم). ويستعمل أكسيد المغنسيوم النقى فى معالجة حموضة المعدة وفى العلاج من حالات التسمم بالأحماض.

وتقل أمراض الأوعيه الدموية بصفة عامة عند سكان المناطق الدافئة بالمقارنة مع سكان المناطق الباردة وذلك بسبب زياده نسبة المغنسيوم فى كثير من المواد الغذائية ومياه الشرب فى المناطق الدافئة. ومعروف أن حقن محاليل بعض أملاح المغنسيوم فى الوريد أو العضل يزيل التشنج والتقلص[٢].

والأشخاص العصبيون اكثر عرضا للإصابة بأمراض العضلة القلبية من الأشخاص ذوى الطبع الهادىء ويعود السبب فى ذلك إلى أن المغنسيوم الموجود فى الجسم يحترق بمعدل أكبر أثناء التهيج والنرفزة.

ويعتقد بعض الأطباء أن المغنسيوم سوف يساعد فى التغلب على أحد أكبر امراض العصر وهو التعب والإرهاق الناتج عن الضغوط النفسية والعصبية الشائعة فى هذا العصر ويعد مظهرا من مظاهر الحضارة الراهنة[٢].

وتجدر الإشاره إلى أن قوة تحمل ومتانة قشرة البيض تزداد بزيادة نسبة المغنسيوم فيها.

٤. الفوسفور

يلعب الفوسفور دورا هاما فى بناء وعمليات الخلايا الحية. ويحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ٦٥٠جرام فوسفور يوجد أغلبها متحددا مع الكالسيوم فى العظام.

ويوجد الفوسفور فى كثير من الأغذية مثل الحبوب واللحوم والبيض وغيرهما. ويوجد الفوسفور فى هذه الأغذية فى صورة عضوية له خاصية منع جسم الإنسان من امتصاص بعض العناصر الكيميائية الأخرى مثل الزنك والكالسيوم والحديد، حيث يكون الفوسفور مع هذه المواد مركبات كيميائية تترسب فى المعدة والأمعاء وتخرج مع الفضلات. ولكى يقوم الجسم بامتصاص الفوسفور

لابد أن تتحول مركبات الفوسفور العضوية إلى مركبات غير عضوية، ويتم ذلك من خلال عمليات كيميائية حيوية فى داخل الجسم، ويؤدى ذلك إلى حفظ توازن وتركيز الفوسفور فى جسم الإنسان بحيث إذا انخفض تركيز الفوسفور فى الجسم نشطت عملية تحويل الفوسفور من الصورة العضوية إلى الصورة غير العضوية. فإذا زاد تركيز الفوسفور في الجسم هدأت وبطأت عملية تحويل مركبات الفوسفور العضوية إلى الصوره غير العضوية للفوسفور.

وتحتوى المشروبات المرطبة غير الكحولية على نسبة عالية من الفوسفور. ويؤدى الإفراط فى تناول الأغذية الغنية بالفوسفور إلى زيادة تركيز الفوسفور مما يعرض الجسم للإصابة ببعض الأمراض الناتجة عن النشاط الزائد للغدة الدرقية.

وللفوسفور دور هام فى ترسيب الرصاص فى العظام حتى لا يظل الرصاص فى الحالة الذائبة فى الجسم ويؤدى إلى التسمم بالرصاص.

وتتكون معظم حصوات الكلى من أكسالات الكالسيوم أو أكسالات الكالسيوم المخلوطة بفوسفات الكالسيوم

وهناك علاقة قوية بين سرعة تكون حصوات الكلى ونسبة الكالسيوم إلى الفوسفور فى جسم الإنسان، بحيث يزيد معدل تكون حصوات الكلى بانخفاض نسبة الكالسيوم على الفوسفور (كا/ فو Ca/ P) كما فى بعض مناطق جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية، حيث ينتشر فى هذه المناطق المياه الفائقة العذوبة والذى ينخفض فيها تركيز الكالسيوم والمغنسيوم عن المعدل العادى للماء العذب(٦).

ويعتبر التسمم بالفوسفور نادرا إلا فى حالات مرض الفشل الكلوى الحاد الذى يعطل إفراز التركيزات الزائدة من الفوسفور.

ويتطاير الفوسفور حتى فى درجات الحرارة العادية وبخاره عديم اللون وسام. وعادة يصاب العاملون فى صناعة الفوسفور بتسوس الأسنان وأمراض المفاصل.

٥. البوتاسيوم

يحتوى جسم الإنسان البالغ على نحو ١٤٥جرام بوتاسيوم وتوجد أغلب هذه الكمية فى السوائل بين الخلوية والعضلات.

وللبوتاسيوم دور فعال فى وقاية الجسم من أمراض زياده عنصر الصوديوم. فزياده عنصر الصوديوم يصاحبه شعور بالإجهاد والإعياء لأقل مجهود يبذل ويعرف ذلك باسم الإجهاد الناتج عن زيادة الصوديوم. ويحتاج الجسم فى هذه الحالة إلى جرعات أكبر من البوتاسيوم.

وقد يحدث تسمم بالبوتاسيوم والذى يعرف باسم الهيبركاليميا Hyperkalemia للمصابين بالفشل الكلوى حيث لا تتمكن الكلية المصابة بإفراز البوتاسيوم الزائد ويؤدى ذلك إلى الإصابة ببعض أمراض القلب(٦).

٦. الچيوفاچيا Geophagia:

يعزى بعض العلماء عادة أكل الطين والتى تعرف فى المراجع الأجنبية باسم چيوفاچيا، والتى يمارسها بعض القرويين وغيرهم فى كل انحاء العالم إلى النقص الشديد فى البوتاسيوم فى أجسام هؤلاء المصابين بهذه العادة، وهناك من يرجع هذه العادة إلى نقص الحديد والزنك، أو الزنك بمفرده فى أجسام هؤلاء المرضى. وتشير بعض التقارير الطبية إلى أن العلاج بمركبات الحديد يوقف عادة أكل الطين.

الجدير بالذكر أن الطين المبتلع بواسطة المصابين بعادة أكل الطين يعطل ويمنع الجسم من امتصاص الحديد فى المعدة والإمعاء مما يسبب زيادة أخرى فى نقص الحديد فى أجسام المرضى. ويؤدى نقص الحديد فى الجسم إلى إصابة الجسم بالضعف مما يهيأ للإصابه بالعديد من الأمراض المختلفه، هذا بالإضافة إلى إن الطين المبتلع قد يكون محتويا على بويضات العديد من الديدان... إلخ

٧. الصوديوم

الصوديوم هو أحد العناصر الكيميائية الرئيسية فى السوائل الخلوية فى جسم الإنسان والحيوان. وله دور هام فى ضبط وتنظيم الضغط الأسموزى لسوائل الجسم

وبالتالى حمـاية الجسم من فقدان كميـات كبيرة من تلك السوائل وإصـابته ببعض الأمراض المصاحبة لتلك الظاهرة.

ويحتوى جـسم الإنسان البالغ على حوالى ٨٣ جرام صوديوم يتـركز حوالى ٢٤ ٪ منها فى العظام، وحوالى ٦٥ ٪ من هذه الكميـة توجد فى سوائل الجسم. وتقوم الكليتان بتنظيم تركيز الصوديوم فى جسم الإنسان والحيوان.

ويؤدى زيادة تركيز الصوديوم فى الجسم إلى زيادة ضـغط الدم وما يصاحبها من الشعور بالإجهاد الزائد، وبالتالى فـإن خفض تركيز الصوديوم، أو زياده تركيز البوتاسيوم يـقلل بشكل ملحوظ من ارتفاع ضغط الدم والشعور بالـتعب والإجهاد الزائد.

والمعروف أن ضغط الدم المرتفع له آثار سيئة على القلب والكلى وغيرهما.

٨. الكبريت

يحتوى جسم الإنسان البالغ على حـوالى ١٧٥جرام كبريت توجد فى صوره أحماض أمينيـة كبريتية وغيـرها من مركبات الكبريت العضـوية فى الخلايا الحية. ويؤدى نقص الكبـريت فى الجـسم إلـى الإصابة بـبعـض الأمراض الـعصـبيـة Neurologic diseae

٩. الكوبالت

يحتـوى جسم الإنسان على كمـية ضئيـلة جدا من الكوبالت، لا تزيد عن مليجرام واحد (المليجرام= جزء من ألف من الجرام). والكوبالت هو أحد المكونات الرئيسية لفيتامين ب ١٢ والمعروف باسم الكوبالامين. ويؤدى نقص هذا الفيتامين فى جسم الإنسان إلى إصابته بالهزال والضعف العام (الأنيميا).

ويؤدى زيادة تركـيز الكوبلـت فى الجسم، بسـبب تناول أغـذية غنية بهـذا العنصر ـ بسبب زيادة تركـيز هذا العنصر فى التربة الزراعيـة أو المياه ـ إلى حدوث العديد من المتاعب الصحية مثل تضخم الغدة الدرقية.

١٠. الكروم

يحتوى جسم الإنسان البالغ على ستة مليجرامات كروم، ويدخل الكروم فى تركيب بعض الإنزيمات ذات الدور الفعال فى العمليات الحيوية فى الجسم، وخاصة التمثيل الغذائى (الأيضى Meta bolism) للجلوكوز والبروتين والدهون وخاصة الكوليسترول. كما يوجد الكروم فى بعض الأحماض النووية (نسبة إلى نواة الخلية).

ويؤدى زيادة الكروم إلى إصابة الجسم بالتسمم ويتوقف التسمم بالكروم على الصورة الكيميائية التى توجد عليها الكروم فى الجسم وكذلك على طريقة التعرض للكروم ومركباته. والكروم ثلاثى التكافىء أقل سمية من الصورة سداسية التكافؤ.

ويؤدى استنشاق تراب الكروم أو رداذ حمض الكروميك المتطاير فى أثناء طلاء المعادن بالكهرباء، أو ثالث أكسيد الكروم الموجود فى دخان المصانع أو غيرها إلى إصابه الإنسان بالأمراض الخطيرة خاصة فى الجلد والرئتين - وقد ينتهى ذلك إلى الإصابة بسرطان الرئة[٦].

١١. الفلور

الفلور غاز حارق أكال يتلف ويبلى كل شىء يلامسه وهو غاز سام جدا وقد أخذ اسمه من كلمة فتورس الإغريقية ومعناها المتلف.

وتحتوى المياه السطحية فى كثير من بقاع الأرض على كمية ضئيلة من الفلور تتراوح من ١,٠ إلى ١ جزء فى المليون (الجزء فى المليون= جرام/ طن) وللفلور دور فعال فى منع تسوس الأسنان وتساقطها. أما إذا زادت نسبة الفلور فى مياه الشرب عن قدر معين أصبحت تلك المياه خطرا على الإنسان، حيث تسبب مرض زيادة الفلور (الفلوروزس Fluorosis) ولهذا السبب فإن كثيرا من المجتمعات ما زالت ترفض فكرة فلورة مياه الشرب، أى ترفض تطهير المياه بإضافة الفلور إليها.

الجدير بالذكر أن فلورة مياه الشرب فى بعض المجتمعات التى تقل فى مياهها الطبيعية نسبة الفور عن ١,٠ جرام فى الطن (جزء/ مليون) قد أدى إلى تقليل الإصابة بتسوس وتساقط الأسنان.

وتحتوى المياه الجوفية فى بعض الدول على تركيزات عالية من الفلور تتراوح من ٤ إلى ٨ أجزاء فى المليون كما هو الحال فى جنوب الهند. وقد تصل إلى ٤٠ جزءا فى المليون فى بعض المواقع فى جنوب أفريقيا. وتوجد هذه المياه فى صخور غنية بالفلور. وينتشر بين سكان تلك المناطق العديد من أمراض زيادة الفلور والتى قد تؤدى إلى العجز والتشوه فى العظام كما فى جنوب الهند.

وتعتبر الأسماك والشاى والأملاح المستخرجة من ماء البحر بمثابه المصادر الرئيسية للفلور، بالإضافة إلى ماء الشرب. وتتراوح نسبة الفلور فى ملح الطعام المستخرج من ماء البحر ما بين ٥ إلى ١٠ أجزاء فى المليون كما فى الهند، وذلك بالمقارنة مع معظم الأغذية والتى لا يزيد فيها الفلور عن نصف جزء فى المليون (نصف جرام فى الطن).

ويحتوى مسحوق الأسماك (الذى يدخل فى صناعة أعلاف الدواجن والحيوانات) على تركيزات عالية من الفلور قد تصل إلى ٧٦٠ جرام فى الطن، وهى نسبة عالية وقد تصيب الحيوانات والدواجن بالتسمم.

وتتوقف شده الإصابة بالفلور وأمراضه على عدد من العوامل أهمها الصحة العامة والعمر ومدة التعرض للفلور وتركيز الفلور فى الماء أو الغذاء، بالإضافة إلى تركيز بعض العناصر الأخرى فى الماء والغذاء وأهمها الكالسيوم والموليبدنيوم وغيرها[٦]. وللكالسيوم والفوسفور والمغنسيوم دور مهبط أو معطل لامتصاص الفلور فى أجسام الإنسان والحيوانات ولهدروكسيد الألومنيوم، الذى يستخدم كمزيل لحموضة المعدة، دور فعال فى تقليل امتصاص الفلور فى المعدة.

١٢ ـ اليود:

اليود مادة صلبة رمادية ـ سوداء اللون ذات مظهر فلزى وتتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة (تسامى). ويحتوى

جسم الإنســان البالغ على حوالى ١٥ إلى ٢٠ مليـجرام يود (المليجـرام= جزء من الألف من الجرام) يتركز ٧٠ ـ ٨٠٪ من هذه الكميـة فى الغده الدرقية (توجد هذه الغدة فى مقدمة العنق وتزن حوالى ٠,٠٣ ٪ من وزن الجسم كله) وتحتوى أنسجة الجسم والنسيج المخاطى للمعدة وبعض أجزاء العين على مقادير ضئيلة من اليود.

يدخل اليــود فى بناء عدد كبـير من الهـرمونات فى جـسم الإنسان خـاصة هرمونات الغدة الدرقية. وتلعب الغدة الدرقية دورا فعالا فى حفظ توازن ومستوى تركيز اليود فى جسم الإنسان.

واستخـدم قدماء المصريين والصـينيين والرومان وقبـائل الانكاس فى أمريكا الجنوبية قبل عصر كولمبس (قبل سنة ١٤٩٢م) بعض الأعشاب البحرية مثل حامول البـحر والإسـفنج فى عـلاج تضخم الغـدة الدرقيـة وذلك على الرغم من عـدم معرفتهم باليود، حيث اكتـشف اليود فى سنة ١٨١١م. وتحتوى الأعشاب البحرية هذه على تركيزات عالية نسبيا من اليود.

وهناك علاقة واضـحة بين تركيز اليـود فى البيئة وبين الـعديد من الأمراض التى تصيب الإنســان، ويعتبـر تضخم الغـدة الدرقية مـرضا متـوطنا فى عدد من المناطق الجغرافـية التى يقل فيها تركـيز اليود فى البيئـة (التربة والماء والنباتات) فى تلك المناطق والتى تضـم مصـر والهند وإندونيـسيـا ومنطقـة البحـيـرات العظمى بالولايات المتـحدة الأمريـكية وحوض نهـر الكونغو، وجـبال الإنديز فى أمـريكا الجنوبية وسويسرا وبعض المناطق فى إنجلترا.

ويمكن تلافى وعلاج مـرض تضخم الغدة الدرقـية بإضافـه اليود إلى ملح الطعام، وباسـتخدام أسـمدة غنيـة باليود مثل نتـرات شيلى فى تسـمييـد التربات الزراعيـة. وبالتالـى تزيد نسبـة اليود فى المنتـجات الزراعـية التى يتـغذى عليـها الإنسان[٦].

يجب ألا يزيد تركيز اليود فى جسم الإنســان عن حد معين، حيث إن زيادة اليود فى الجسم تؤدى إلى توقف الغدة الدرقية عن إنتاج إفرازاتها (الثيروكسين).

وتضخم الغدة الدرقية يؤدى إلى انتفاخ الرقبة، وكان ذلك يعد سمة من سمات الجمال فى النساء فى العصور الوسطى.

١٣ . النحاس:

يحتوى جسم الإنســان البالغ العادى على حوالى ١٠٠ ـ ١٥٠ مليجرام نحاس. وتتركز معظم هذه الكمية فى الكبد والكلى والقلب والمخ. ويؤدى زيادة تركيز النحاس فى جسم الإنسان إلى حدوث خلل عام فى الجسم، وخاصة فى الكبد الذى يتركز فيه النحاس بمرور الوقت، ويؤدى إلى إتلاف بعض خلايا الكبد ثم الوفاة[٦].

ويدخل النحاس مع غيره من العناصر الكيميائية الأخرى فى بناء عدد كبير من الإنزيمات والتى يطلق عليها اسم الإنزيمات الفلزية ذات الدور الرئيسى فى العمليات الكيميائية الحيوية فى جسم الإنسان والحيوان.

ويوجد النحاس فى عدد من الأغذية أهمها اللبن والخضروات والفاكهة.

وقد يحدث التسمم بالنحاس نتيجة رش العنب بمبيد حشرى يحتوى على كبريتات النحاس والذى يعرف باسم Bordeaux Mixture وقد يصاب العاملون فى مزارع الكروم (العنب) بأمراض التليف الخطيرة فى الرئة نتيجة استنشاق رذاذ النحاس. وعلى النقيض من ذلك لا تظهر آثار سامة على عمال مناجم النحاس إثر تعرضهم لخامات النحاس لفترات طويلة.

وقد يصاب الإنسان بتسمم النحاس إذا تناول كمية كبيرة من أملاح النحاس مثل كبريتات النحاس وغيرها، والتى تؤدى إلى وقوع أضرار بالغة فى الجهاز الهضمى وإصابه الإنسان بالهزال أو الأنيميا.

وتؤدى زيادة النحاس فى مياه الشرب إلى التسمم بالنحاس.

١٤ . الحديد:

الحديد عنصر شائع فى البيئة، ويكون حوالى ٤,١٪ من وزن المادة فى الأرض الصلبة وحتى عمق نحو ٣٠ كم ولا يحتوى جسم الإنسان البالغ فى

المتوسط إلا على نحو أربعة إلى خمسة جرامات حديد. ويوجد ٦٠ ـ ٧٠ ٪ من هذه الكمية فى أحد البروتينات الهامة فى الجسم وهو الهيموجلوبين. والهيموجلوبين هو الناقل الرئيسى للأكسچين من الهواء (الذى يتنفسه الإنسان) إلى الجسم. ويوجد الباقى فى العضلات وفى بروتين الخلايا والإنزيمات وغيرها.

وتحتاج جميع الأحياء إلى الحديد باستثناء بعض البكتريا. ويوجد الحديد مثله مثل كثير من العناصر الكيميائية (مثل الكروم والكوبالت والمنجنيز... إلخ) فى أكثر من صورة تكافؤية فى أجسام الكائنات الحية.

ورغم وفرة الحديد فى العديد من المواد الغذائية التى يتناولها الإنسان إلا أن الحديد قليل الامتصاص فى الجهاز الهضمى ويؤدى ذلك إلى نقص الحديد فى بعض الأجسام البشرية. ويتوقف امتصاص الحديد فى الجسم ليس فقط على تركيز الحديد فى المعدة والأمعاء، ولكن على الصورة الكيميائية التى يوجد عليها وفيها الحديد فى الغذاء. وكذلك على نوع الغذاء وتركيبه الكيميائى بصفه عامة.

وقد يؤدى وجود الكوبالت والنحاس والزنك والمنجنيز إلى تقليل امتصاص الحديد فى المعدة.

ويؤدى نقص الحديد فى الجسم إلى الإصابة بالأنيميا والتى تهيىء الجسم للإصابه بالأمراض المختلفة. كما أن زياده تركيز الحديد فى الجسم عن حد معين يؤدى إلى الإصابة بأمراض متعددة بعضها خطير.

١٥ ـ المنجنيز:

للمنجنيز دور هام فى بناء وعمل بعض الإنزيمات فى الجسم، كما أنه قد يحل محل عناصر كيميائية أخرى فى تلك الإنزيمات والتى تعرف بالإنزيمات الفلزية المركبة.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ العادى على حوالى ١٢ ـ ٢٠ مليجرام منجنيز تتركز بصفة خاصة فى العظام والكبد والكلى.

والمنجنيز مثله مثل الحديد قليل الامتصاص فى الجهاز الهضمى، ورغم ذلك فلا يعرف نقص المنجنيز فى جسم الإنسان بصفه خاصة.

ويوجد المنجنيز بكثرة فى البندق والجوز والحبوب والشاى واللحوم ومنتجات الألبان.

والمنجنيز أقل سمية بالمقارنة مع عدد كبير من العناصر الكيميائية، غير أنه قد يصاب الإنسان بالتسمم بالمنجنيز إذا تعرض لبخار المنجنيز أو التراب المحمل بذرات المنجنيز المتصاعد من المناجم والمصانع، حيث إن استنشاق بخار المنجنيز يعد خطرا على الإنسان والحيوان ويسبب تراب المنجنير التهابا رئويا حادا يؤدى إلى الموت(٦).

وحيث إن للمنجنيز استخدامات واسعة فى الصناعة، حيث يضاف إلى زيت الوقود والجازولين والصلب والبطاريات وغيرها، فإن احتمال تلوث البيئة بالمنجنيز واستنشاق الإنسان والحيوان لمركبات المنجنيز من الهواء الجوى الملوث بعادم السيارات ودخان المصانع. وكذلك الدخان الناتج من احتراق الفحم (يحتوى الفحم على مركبات المنجنيز).. نقول احتمال تلوث البيئة بمركبات المنجنيز السامة قائم فى المدن الصناعية التى لا تراعى نظم الأمان الصحى وحماية البيئة من التلوث.

١٦. الموليبدنيوم:

يحتوى جسم الإنسان على كمية ضئيلة من الموليبدنيوم تقترب من كمية المنجنيز. ويتوقف تركيز الموليبدنيوم فى جسم الإنسان على نوع الغذاء. ويدخل الموليبدينيوم فى بناء وعمل بعض الإنزيمات الفلزية فى الجسم.

وللموليبدنيوم دور كبيرا فى التمثيل الغذائى للنحاس فى جسم الإنسان والحيوان، حيث يساعد موليدنيوم فى إسالة النحاس وذوبانيته ومن ثم امتصاصه فى الجهاز الهضمى.

ويلعب الموليبدنيوم دورا هاما فى حماية الأسنان من التسوس والتلف، حيث يقل تسوس وفساد الأسنان فى المناطق التى يوجد فيها هذا العنصر بتركيزات عالية نسبيا خاصة فى الخضروات وعادة يتوقف تركيز الموليبدنيوم فى الخضروات على تركيز هذا العنصر فى التربات الزراعية التى تنمو فيها تلك الخضروات.

١٧ - السيلينيوم:

السيلينيوم عنصر سام جدا للإنسان والحيوان ويسبب أمراضا خطيرة، غير أنه يستخدم فى الوقت الحاضر فى علاج بعض أنواع السرطان. ويستخدم فى علاج بعض الأمراض الخطيرة فى حيوانات التجارب مثل النكروز أو تعفن ونخر الكبد فى الفئران.

ومعروف أن حيوانات التجارب تستخدم فى تجربة الأدوية عليها قبل استخدام تلك الأدوية فى علاج الإنسان.

لا يزيد تركيز السيلينيوم فى جسم الإنسان عن بضع مليجرامات تأتى أساسا من الغذاء. وقد يزيد أو يقل تركيز السيلينيوم فى جسم الإنسان حسب تركيز هذا العنصر فى الغذاء النباتى والحيوانى والذى يتوقف بدوره على تركيز السيلينيوم فى البيئة (التربة الزراعية بصفة رئيسية).

ويدخل السيلينيوم فى تركيب أحد الإنزيمات المضادة للأكسدة فى السوائل بين الخلوية فى جسم الإنسان، وهو يشبه فى ذلك الدور الذى يقوم به فيتامين (E).

ولا تعتبر مياه الشرب مصدرا للسيلينيوم فى البيئة إلا إذا كانت ملوثة بهذا العنصر السام وقد تتلوث المياه الجوفية بالسيلينيوم فى المناطق الجبلية الغنية بهذا العنصر، وحينئذ تصبح خطرا يهدد الإنسان والبيئة بالتلوث.

ويصاب الإنسان بمرض وتسمم السيلينيوم إذا تغذى على نباتات وأغذية حيوانية أو نباتية ملوثه بالسيلينيوم. ويؤدى التسمم بالسيلينيوم إلى إصابة الإنسان بالسرطان فى أحيان كثيرة.

ومن حكمه الله تعالى فى هذا الكون أنه يمكن علاج التسمم بالسيلينيوم بمادة سامة أخرى هى الزرنيخ. والعكس صحيح أى يمكن علاج التسمم بالزرنيخ بأملاح السيلينيوم السامة(٦).

ولا يعنى وجـود السيلينيـوم فى جسم الإنســان أنه خطر على صحـته، بل العكس تماما، حيث وجد أن نقص تركيز السيلينيوم فى الجسم قد يؤدى إلى إصابة الجسم بالأورام وتكون الخراجات والبثور. معنى ذلك أن خطر السيلينيوم يكمن فى زيادة تركـيزه أو نقـصـه عن حد مـعـين. ويتوقف ذلك عـلى عدد من العـوامل البيولوچية والكيـميائية ومنها نقص أو زيادة تركيز العناصر الكيـميائية الأخرى فى الجسم.

١٨ . الزنك:

يحتـوى جسم الإنسـان البالغ الـعادى على حـوالى ١,٥ ـ ٣ مليجـرامات زنك، تتـركز أسـاسا فى العظام والكبـد ويعتـبر الزنك من العناصـر الكيـميائـية الضرورية فى العمليات الكيميائية الحيوية للإنسان والحيوان. ويدخل الزنك فى بناء عدد من الإنزيمات الفلزية.

ويؤدى نقص الزنك وبعض العناصر الكيميـائية الأخرى فى الجسم إلى تأخر النمـو والنضوج الجنسى وقـصر الـقامـه أو التقـزم ويمكن علاج هذه الأعـراض بمركبات الزنك.

١٩ . النيكل:

يوجـد النيكل فى أنســجة الجـسم الإنســانى بكميـات ضـئيلة جـدا (بضع مليجرامات) بينما تحتوى أنسجـة النباتات على كميات أكبر من النيكل بالمقارنة مع الأنسجة الحيوانية.

قد يضاف الـنيكل إلى المأخوذ اليومى من طعام الإنســان عن طريق المواعين وأدوات المطبخ المنزليـة، خاصة أدوات الطهى المـصنوعة من النحاس والألـومنيوم والحديد وغيرهما، حيث تحتـوى هذه المواعين على نسبة ضئيلة من النيكل. وعلى هذا الأساس فلا يوجد نقص فى النيكل فى أجسام البشـر عموما، بل يوجد غالبا زيادة النيكل عند عدد كبير من الناس.

وبينت الدراســات المعملـية على حـيوانات التـجـارب أن نقص النيكل فى الكتاكيت يؤدى إلـى ضمور وتغير لون الأرجل. وأدى نقص النيـكل فى حيوانات

التجارب إلى خفض نسبه كوليسترول البلازما وزيادة نسبة كوليسترول الكبد، بالإضافة إلى تغير فى صفات الخلايا فى هذه الحيوانات وتقصف شعرها وخشونته وتأخر نموها.

ويؤدى زيادة النيكل إلى إصابة الإنسان والحيوان بعدد كبير من الأمراض الخبيثة.

٢٠ . القصدير:

يحتوى جسم الإنسان على قدر ضئيل جدا من القصدير لا يتعدى بضع أجزاء فى المليون (الجزء فى المليون= جرام فى الطن)

ويختلف تركيز القصدير فى جسم الإنسان من موقع جعرافى لآخر مما يعنى ارتباط تركيز القصدير فى أجسام البشر بتركيز هذا العنصر فى البيئة، ويزيد تركيز القصدير فى جسم الإنسان كلما أكثر من استخدام الأغذية المحفوظة (المعلبات) فى غذائه أو مأخوذه اليومى من المعلبات المحفوظة فى العلب المقصدرة.

ويؤدى نقص القصدير فى أجسام حيوانات التجارب إلى سقوط الشعر وإصابة تلك الحيوانات بالضعف العام.

٢١ . السيليكون:

السيليكون عنصر كيميائى هام وضرورى للإنسان والحيوان وذلك على الرغم من احتواء جسم الإنسان على قدر ضئيل من السيليكون لا يتعدى بضع أجزاء فى المليون.

يؤدى زيادة السيليكون إلى إصابة الإنسان بأمراض عديدة، خاصة إذا استنشقه الإنسان على هيئة غبار من المناجم والمحاجر والمناطق التى تكثر فيها الأتربة المحملة بالسيليكون، خاصة تراب الأسبستوس فى محاجر وصناعات الأسبستوس وصناعة الأسمنت والمواد العازلة والواقية وغيرها.

الجديد بالذكر أنه يزداد احتمال إصابة الإنسان بأمراض الأسبستوس مثل التحجر الرئوى إذا كان مدخنا بالمقارنة مع الإنسان غير المدخن.

وأمراض التحجر الرئوى الناشئة عن استنشاق تراب الأسبستوس وغيره من الأمراض الشائعة بين عمال المناجم والمحاجر، خاصة تلك التى لا تراعى الاشتراطات البيئية والصحية الواجبة وتحدث هذه الأمراض نتيجة استنشاق السيليكا.

ويجب أن يحتوى المأخوذ اليومى لعمال المناجم والمجاحر وعمال الطرق ومختلف الصناعات التي يتصاعد منها الغبار والتراب المحمل بالسيليكا مثل صناعة الأسمنت، على كميات مناسبة من اللبن الطازج حيث يساعد على الوقاية من أمراض التحجر الرئوى.

٢٢ . الفاناديوم:

الفاناديوم عنصر سام. ويحتوى جسم الإنسان على قدر ضئيل من الفاناديوم لا تتعدى بضع أجزاء فى المليون. وهو عنصر ضرورى لبعض الحيوانات مثل الدواجن والفئران، حيث يؤدى نقص الفاناديوم عن حد معين فى أجسامها إلى إضعاف نموها وتكاثرها، بل وإصابتها بالأمراض المختلفة.

ويؤدى استنشاق غازات المصانع وعوادم السيارات والتى تحتوى عادة على بعض مركبات الفاناديوم إلى أضرار صحية والتسمم بالفاناديوم.

٢٣ . الألومنيوم:

رغم أن الألومنيوم عنصر أساسيا فى البيئة، خاصة فى التربات الزراعية، إلا إنه عنصر غير أساسى فى جسم الإنسان والحيوان من الناحية البيولوچية. ويؤدى زيادة الألومنيوم فى جسم الإنسان إلى إصابته بالعديد من الأمراض.

تجدر الإشارة إلى أن بعض مركبات الألومنيوم (هدروكسيد الألومنيوم) التى تدخل فى تركيب مضادات الحموضة التى تؤخذ عن طريق الفم، والتى تؤدى إلى زيادة تركيز الألومنيوم فى الجهاز الهضمى. فإن الألومنيوم فى هذه الحالة يقلل من امتصاص مركبات الفوسفور والفلور فى الجهاز الهضمى، وبالتالى قد يؤدى ذلك إلى حدوث نقص الفوسفور والفلور فى الجسم. وفى ذلك تأكيد لما قاله الطبيب

العربى المشـهور الحارث بن كلدة الثقـفى الذى نشأ فى الطائف وكان أشهـر أطباء العرب فى الجـاهلية حـيث يروى عنه قوله: «إن الدواء لا يصلح شـيئا إلا أفـسد مثله»(٧).

٢٤ . الزرنيخ:

عرف عن الزرنيخ أنه عنصر سـام للإنسان والحيوان منذ فترة بعـيدة جدا فى تاريخ البشرية. واسـتخدم الزرنيخ فى صناعة الأدوية والعـقاقير السامـة منذ عصر أبقراط (٤٦٠ ـ ٣٧٥ قـبل الميلاد) ويؤدى التعـرض وابتلاع الزرنيخ ومركـباته إلى إصابة الإنسان بالسرطان والموت.

والسيلينيـوم وهو عنصر سام مـقاوم للتسمم بـالزرنيخ وهذا يعنى أنه قد لا يظهـر الأثر السام للزرنـيخ إذا احتـوى جسم الإنسـان على قـدر من السيلنيـوم، والعكس صحـيح. وتجدر الإشارة أن الزرنيخ والسـيلينيوم يوجدان مـعا فى البيـئة الطبيعية وخاصة ضمن معادن الكبريتيدات.

٢٥ . الكادميوم:

الكادميـوم عنصر سام جدا للإنـسان والحيوان. ولا يوجـد حتى الآن برهان قوى يبـين أهمية الكـادميوم فى العـمليات الكيمـيائية الحـيوية فى جـسم الإنسان والحيوان. وقد يترسب الكادميـوم بمرور الوقت من خلال تناول أطعمة ملوثة بهذا العنصر فى الكلى، ويؤدى ذلك إلـى الإصابة بالسرطان وأمراض القلب والأوعـية الدموية.

وهنا علاقة بين زيادة تركيز الكادميوم وبعض أمراض العظام فى بعض الدول مثل اليابان، وكذلك بين الكادميوم والفشل الكلوى فى مختلف دول العالم.

يعتبـر دخان المصانع ودخان الفـحم والمياه الجوفيـة الملوثة بالكادميوم نتـيجة مرورها فى صـخور تحتـوى على هذا العنصر السـام، والأمطار الحمضـية، وهى الأمطار التى تحتوى على مركبات كيميائية عديدة ناتجة عن ذوبان الغازات والمركبات الكيميـائية المتصاعدة من المصانع وتشـمل غازات الفوسفور والكبـريت والسيلينيوم

والكادميوم والكربون. . . إلخ، المصدر الرئيسى للتلوث بالكادميوم سواء فى التربة الزراعية أو مياه الشرب والرى والتى يصل عن طريقها الكادميوم إلى جسم الإنسان بطريقة مباشرة كالشرب من المياه الملوثة أو غير مباشرة نتيجة تناول الأطعمة النباتية والحيوانية الملوثة بالكادميوم.

٢٦. الرصاص:

الرصاص عنصر سام للإنسان والحيوان حتى لو وجد فى الجسم بكمية ضئيلة جدا.

والرصاص عنصر شائع فى البيئة. وبالتالى فإن هناك احتمالا كبيرا لدخول الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء أو الماء.

محطم روما:

يرى بعض الباحثين فى تاريخ الحضارة أن التسمم بالرصاص كان أحد الأسباب التى أدت إلى سقوط الإمبراطورية الرومانية. فقد استخدم الرومان الرصاص فى صناعة الأوانى المنزلية وفى صناعة خط أنانيب المياه المشهور فى روما. وتم إحضار الرصاص لهذا الغرض من إنجلترا وأسبانيا وغيرها.

وجميع مركبات الرصاص الذائبة فى الماء سامة جدا، وقد ثبت أن الماء الذى كان يشربه أهل روما كان مشبعا بغاز ثانى أكسيد الكربون. ويتفاعل هذا الغاز فى وجود الماء، مع الرصاص مكونا كربونات الرصاص التى تذوب فى الماء. وعندما تدخل فى جسم الإنسان فإن الرصاص يحل محل الكالسيوم فى الجسم مما يؤدى إلى متاعب صحية عديدة.

ويستخدم الرصاص فى الوقت الحاضر فى عدد كبير من الصناعات مثل: صناعة البطاريات والبويات، صناعة سبائك اللحام، صناعة الدروع والملابس الواقية من الإشعاعات النووية فى المحطات النووية وغيرها، وفى صناعة بعض الأدوات الصحية وتغطية الأسلاك والكابلات الكهربائية. . . إلخ. كما يدخل الرصاص مع الانتيمون والقصدير فى تركيب السبيكة التى تصنع منها أحرف

الطباعـة. ويستعـمل الرصاص فى صناعـة الزجاج والخزف. أمـا أسوأ استـخدام للرصاص فهو إضافته إلى البنزين لضبط الاحتراق.

وإذا كانت حـالات التسمم بالرصـاص فى الماضى مرضـا مهنيا شـائعا عند عمال الطبـاعة ومصانع صهـر الرصاص، فإنها أصـبحت الآن نادرة الحدوث نظر لتحسن تكنولوچيا الإنتاج واتباع وسائل حديثة فى التهوية وتنقية الهواء.

وينتقل جزء غير قليل من الرصاص المسـتخدم فى الصناعة إلى غذاء الإنسان ومياه الشرب والهواء الجوى بطرق مباشرة أو غير مباشرة، وبالتالى تؤدى إلى زيادة تركيز الرصاص فى جـسم الإنسان وإصابته بتسمم الرصاص وما يتـبعه من أمراض خطيـرة. ويعد دخـان المصانع وعـادم السـيارات من أكـبر مـصادر تلوث البـيئـة بالرصاص، خصوصا فى المدن شديدة الازدحام مثل القاهرة وغيرها.

٢٧ . الزئبق:

الزئبق عنصر سام جـدا للإنسان والحيوان، ولا يعتبـر من العناصر الضرورية أو الأساسية بالنسبـه للكائن الحى. ورغم ذلك فإن الزئبق يدخل فى جسم الإنسان والحيوان بطرق غير مباشرة عديدة.

ويجب تحاشى وعدم اسـتنشاق بخار الزئبق أو حتى ملامسـته للجلد بطريقة مباشرة. وكل أملاح الزئبق سامة جدا. ويـتوقف مدى أو شدة سمية تلك الأملاح على نوع المركب الكيميائى للزئبق فـمركبات الزئبق غير العضويـة لا تمتصها المعدة بسهولة بينما تمتص المركبات العضوية للزئبق بسهولة تامة والمركبات العضوية للزئبق أكثر سمية من المركبات غير العضوية للزئبق.

وترجع خطورة الزئبق وسميته فى كونه يتـحد مع بروتين الكلية ويمنعها من ترشيح المواد الضـارة فى الدم، أى تؤدى إلى الفشل الكلوى فى الإنسان والكمـية القاتلة من كلوريد الزئبقيك مثـلا لا تزيد عن نصف جرام. والمواد المضادة للتسمم الزئبقى هى اللبن وبياض البيض؛ وذلك لأن البـروتين فى هذه المواد يتحد بسهولة مع الزئبق وأملاحه ويرسبها فى المعدة.

وقد حدثت حالات تسمم جماعية بالزئبق فى بعض الدول مثل اليابان؛ وذلك نتيجة تناول أسماك ملوثة بالزئبق تعيش فى مياه ملوثة صناعيا بالزئبق وكذلك حاله التسمم الجماعى فى العراق؛ نتيجة تناول خبز مصنوع من حبوب معالجة بمبيد حشرى يحتوى على الزئبق. وقد حدث تسمم جماعى أيضا فى السويد بسبب تناول بيض ولحوم دجاج سبق تغذيتها بحبوب ملوثة بالزئبق.

وتحتوى بعض الأسماك على تركيزات عالية من الزئبق مثل السمك التونة ـ وسياق البحر (أبو سيف Swordfish) وهو سمك كبير الحجم. وتحتوى أجسام هذه الاسماك على كميات من الزئبق حتى لو كانت تعيش فى مياه مفتوحة فهى إذنَ أسماك جامعة لعنصر الزئبق.

وبخار الزئبق سام جدا، وأنه يكفى عند سكب بعض قطرات من الزئبق فى أحد المختبرات التى لا تراعى فيها الاشتراطات الصحية الواجبة، أن يتشبع جو المختبر ببخار الزئبق الذى يصيب العاملين فى هذه المختبرات بالتسمم الزئبقى.

والمعروف أن الزئبق يفرز من الجسم عن طريق البول والعرق ببطء شديد جدا، وبالتالى تتجمع ذرات الزئبق فى جسم الإنسان بمرور الوقت وتؤدى إلى إصابته بالأمراض الخبيثة. ويبدأ ظهور أعراض التسمم الزئبقى بادماء اللثة، يتبعها صداع وضعف فى الذاكرة وعسر فى الهضم واخيرا إتلاف الجهاز العصبى. ولذلك يجب وضع مسحوق الكبريت فى المختبرات العلمية التى يستخدم فيها الزئبق حتى يتحد الكبريت مع بخار الزئبق وينقى الجو منه.

٢٨ . الأنتيمون:

يوجد الأنتيمون بقدر ضئيل جدا لا يزيد عن بضع أجزاء فى المليون، فى جسم الإنسان، وتتركز هذه الكمية فى اللسان والشعر والرئتين والنسيج اللمفاوى.

وتستخدم أملاح الأنتيمون الثلاثية التكافؤ فى حالات الإصابة بالطفيليات الاستوائية. ويرى بعض العلماء أن العلاج بأملاح الأنتيمون لفترة طويلة قد يؤدى للإصابة بالسرطان.

وهناك معدن مشهور للانتيمون هو الاستبنايت (وهو كبريتيد الأنتيمون) وقد عرفته الحضارات القديمة واستخدمه الإنسان منذ زمن بعيد فى تكحيل العينين (الكحل الحجر)، حيث يجعل حافات الجفون سوداء ولون الاستبنايت رصاصى براق ذو لمعة فلزية، وكثيرا ما يختلط على الناس مع معدن مشهور للرصاص وهو الجالينا (كبريتيد الرصاص) الذى يشبهه فى اللون، غير أن الاستبنايت أخف كثيرا من الجالينا. فالثقل النوعى للاستبنايت ٤,٦ جرام/ سم٣ والثقل النوعى للجالينا نحو ٧,٥ جم/ سم٣. ويتميز الاستبنايت بسهولة انصهاره وبتفاعله السريع مع هدروكسيد البوتاسيوم معطيا محلولا أصفر اللون، سرعان ما يتحول إلى اللون البرتقالى. فإذا أزيل هدروكسيد البوتاسيوم من فوق سطح المعدن أصبح لون المعدن أحمر. ولا تعطى الجالينا هذا التفاعل. علما بأن الجالينا سامة وتحدث التهابات فى العين.

٢٩. الباريوم:

يحتوى جسم الشخص البالغ العادى على نحو ٢٠ مليجرام باريوم. تتركز أساسا فى العظام. ولا يعتبر الباريوم عنصرا ضروريا للإنسان، وهو عنصر سام للنباتات. غير أن بعض النباتات تميل إلى امتصاص الباريوم من التربة وتجميعه فى أجسامها وتعرف هذه النباتات بالنباتات المجمعة للباريوم مثل شجر الجوز.

ويمتص جسم الإنسان أملاح الباريوم الذائبة وتصيبه بالتسمم. ويجب تحاشى استنشاق تراب الباريوم سواء فى المناجم أو المصانع أو غيرها؛ لأنها ضارة جدا للإنسان.

٣٠. البريليوم:

البريليوم عنصر سام جدا للإنسان. ولا يقتصر الاثر السام للبريليوم على العاملين فى صناعة هذا العنصر، ولكن يصيب أيضا المخالطين لهؤلاء العاملين بسبب استنشاق تراب البريليوم العالق بهم. ويصاب المخالطون للعاملين فى صناعة وتعدين البريليوم بمرض يعرف بمرض البريليوم المعدى.

٣١. البورون:

يعتبر البورون من العناصر الهامة والضرورية لبعض النباتات، ولا يعتبر كذلك بالنسبة للإنسان أو الحيوان. وإذا زاد تركيز البورون فى التربة الزراعية وبعض النباتات كما هو الحال فى بعض المناطق الروسية، فإن ذلك يؤدى إلى إصابة الحيوانات التى تتغذى على هذه النباتات (خاصة الخراف الصغيرة) ببعض الأمراض.

ويحتوى جسم الإنسان على بضع أجزاء فى المليون من البورون تتركز أساسا فى العظام والأسنان.

ويعتبر حمض البوريك والبوراكس من أشهر أملاح البورون. ويستخدم حمض البوريك الذائب فى الماء كمادة مطهرة للجلد. فإذا زاد تركيز هذا المطهر أصاب الجلد بالضرر وأتلفه. وإذا تناول الإنسان حمض البوريك أو البوراكس بطريق الخطأ أصابه بالتسمم.

وتراب ورذاذ البورون فى الهواء أو الدخان سام جدا إذا استنشقه الإنسان مع الهواء الجوى.

٣٢. البروم:

يوجد البروم أساسا فى ماء البحر متحدا مع الصوديوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم، وكذلك فى الرواسب الملحية.

وغاز البروم سام جدا للإنسان والحيوان وتستخدم بعض أملاح البروم مثل البروميدات كمادة مخدرة منذ زمن بعيد، وهى مادة سامة ويحتوى جسم الإنسان على بضع أجزاء من المليون بروم تتركز أساسا فى الغدة الدرقية. ولا يعرف دور البروم فى العمليات الكيميائية الحيوية فى جسم الإنسان

٣٣. الذهب:

لا يعرف أثر ضار ـ من الناحية الكيميائية الحيوية ـ للذهب على صحة الإنسان. بل على العكس من ذلك تستخدم بعض أملاح الذهب (مركباته

الكيـميائيـة) فى العلاج مـن أمراض النقـرس والتهاب المـفاصل وقرحـات الجلد وغيرها.

٣٤. الفضة:

يحتـوى جسم الإنسان على آثار ضـئيلة من الفضة، تـتركز أساسـا فى مينا الأسنان.

وتدخل الفضـة فى صناعه عدد من العقـاقير الطبية مـثل قطرة الأنف. فإذا داوم الإنسان على استخـدام مثل هذه العقاقير لمدة طويلة، فإن الفـضة تتجمع فى بقع معيـنة فى الجلد وتتحد مع بعض العناصر الكيـميائية الأخـرى مثل الكلور ثم تتأكسد مكونة بقع سوداء أو رمادية اللون تسمى Argyria[٦].

تغيير التركيب الچينى للكائنات الحية.. تلوث خطير:

يتميز جسم الإنسان وكل كائن من الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، بل وكل عضر من أعضاء البيئة الطبيـعية بتوازن دقيق بين مكوناته أو عناصره وكلما توازنت أو «انسجمت» هذه العناصر فبينما بينها كان الجسم فى صحة وكمال، أما إذا اختل توازنها وطغى بعضها على الآخر اعتل الجسم وأصابه المرض. ويتوقف نوع وكمية الأمراض على مدى عدم التوازن فى مكونات الجسم.

وقد خلق الله سبـحانه وتعالى الحيـوانات والنباتات وحدد صفـات كل منها وأودعها فـيما نسميـه بالچينات. فإذا تدخل الإنسان دون وعى أو تفكيـر فى تغير البناء الچينى لبعض الكائنات الحية النباتيـة أو الحيوانية فإن ذلك يؤدى إلى اختلال التوازن فيمـا بين الچينات ويطغى بعضها على الآخر ومن ثم تحـدث تغيرات حادة فى صفات تلك الكائنات الحية.

وفى الآونة الأخيرة اجـتهد العاملون فى مجال الهندسـة الوراثية فى تعديل التركيب الچينى لبعض النباتات (وربما بعض الحيوانات) وذلك تمهيدا لتعميمها على كل المخلوقـات بما فيـهـا الإنسان، والهـدف المعلن هو زيادة المنتـجـات الزراعيـة والحيوانيـة لسد احتياجـات البشر المتزايدة عامـا بعد آخر. وقد نجـحوا بالفعل فى

الحصـول على سلالات عالية الإنتـاج من كثيـر من الخضروات والفواكـه. ولهذه المنتجات صفات تختلف كثـيرا عن المنتجات العادية من حيث الشكل والطعم وربما أشـياء أخـرى لم تعرف بعـد. والسـبب فى ذلك راجع إلى الإخلال فى التـوازن الچينى لتلك المنتجات وطغيان چينات معينة على الأخرى. ويعد ذلك تلوثا خطيرا فى غذاء الإنسان والحيوان. ويؤيد ذلك بعض المهتمين بشئون البيئة.

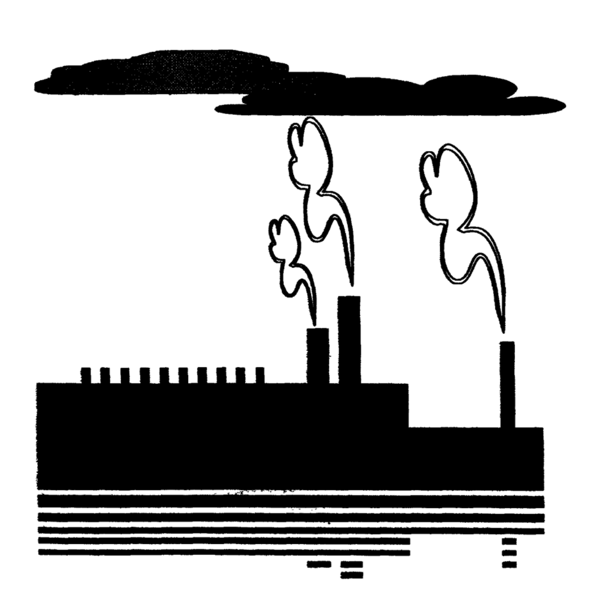
فقـد حذر عدد من العلماء الفـرنسيين من مـخاطر ما أسمـوه بالتلاعب فى چينات الفـواكه والخـضروات التى يأكلهـا الإنسـان عن طريق الهندسة الوراثيـة، واتهموا معامل البـحوث الغذائية بأنها تضحى بصحة البشر فى سـبيل إنتاج فواكه وخضروات أكـبر حجمـا أو أغزر محصولا. ويقـول وزير البيئة الفـرنسى بيريس لاوند، الذى يقود حـمله ضد علماء البـيولوچيا والطبـيعة: إن حيـاة الإنسان فى خطر؛ بسبب الجرى وراء الربح السريع والوفير بالتدخل فى حجم وشكل المنتجات الزراعـيـة عن طريق الهندسـة الوراثيـة، وضـرب مـثـالا لذلك بالخـوخ والعنب والطماطم التى أصبحت أكبر حجما ومحصولا أوفر ولكنها فقدت طعمها الطبيعى ويرى وزير البيئة الفرنسى السابق أن التقنيات البـيولوچية الحديثة سوف تدمر صحة الإنسان، وأن التـلاعب بالهندسة الوراثية فى المحاصـيل أخطر من القنبلة الذرية. وعلى الجانب الآخر يقول مدير المعهد الفرنسى لأبحاث الغذاء إن أضرار التعديلات فى الخصائص الوراثية للفواكه والخضروات أقل كثيرا مما يقال(*).

■●●●■

(*) صحيفة الأهرام ٣١ / ٨ / ١٩٩٦ ـ الصفحة الأولى.

الفصل الثالث

وبدأ الإنسان يغير البيئة
منذ آلاف السنين



بدأ الإنسان يغير فى صفات البيئة الطبيعية منذ أن خطى أولى خطواته على سطح الأرض. والمعروف أن الإنسان قد بدأ حياته فى الصحارى والغابات جنبا إلى جنب مع الحيوانات المختلفة، المفترس منها وغير المفترس. ولم تكن هذه الصحارى يومذاك قاسية، جافة كما هى الآن، ولكنها كانت معتدلة المناخ، وفيرة الماء والغذاء، وتعج بالحياة النباتية والحيوانية من كل صنف ولون، فهى إذن ليست صحراء بمفهومنا اليوم.

وربما كانت هذه البيئة الطبيعية وظروفها بمثابة المعضلة الأولى التى صادفها الإنسان على الأرض، واستوجب عليه العمل والتفكير لإيجاد حلول مناسبة لتلك المعضلة حتى يؤمن ويسيطر على البيئة ويستغلها لصالحه. وكان ذلك بمثابة فجر العلم والحضارة.

عصر الإنسان:

وقد انتشر الإنسان وزاد نشاطه فى مناطق واسعة نسبيا خلال العصر المسمى عصر البليستوسين (العصر الحديث الأقرب) والذى بدأ منذ نحو مليون ونصف مليون سنة. ويطلق عليه اسم عصر الإنسان؛ لأن الإنسان كان العامل الأكبر الذى غير فى البيئة الطبيعية، فقد استأنس الحيوان ودجن النباتات، وصنع الآلات من الحجر والخشب والعظام، وزرع الأرض، واقتلع الأشجار وحرق الغابات، واستصلح الأراضى، واستخرج الأحجار (الصوان) والمعادن من باطن الأرض ... إلخ.

وتميز عصر الإنسان أو عصر البليستوسين بتغيرات مناخية حادة فى مختلف بقاع اليابسة، ومن ثم انطلقت موجات الهجرات البشرية إلى كل مكان لتعمر الأرض وتغير فى البيئة، وأدى ذلك إلى اختلاط كل الأجناس البشرية مع بعضها البعض عن طريق التزاوج، حيث تؤدى فترات الجفاف الشديد والبرد القارس،



شكل (٦)

يؤدى قطع أشجار الغابات وحرقها إلى تبوير الأرض وإتلاف التربة، والتى تتعرض للأكسدة والانجراف لتصبح مناطق صحراوية كما حدث لمساحات واسعة من الغابات فى العالم (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وتقدم الجليد إلى هجرات بشـرية، أما الفترات المطيرة الدافئة فهى فـترات استقرار فى حياة البشر.

وتشيـر الدراسات الچيولوچيـة إلى أن الجليد قد غطى معظم شـمال أوروبا (شمال جبال الألب)، وغطى معظم أمريكا الشـمالية وذلك خلال أربعة فترات فى عصر البليسـتوسين، عرفت باسم عصور الجليد، حـيث كانت درجات الحرارة فى أثنائها تنخفض بحيث لا تسمح بذوبان الجليد فى فصل الصيف فيتراكم الجليد إلى فصل الشتاء التالى فتزداد درجات الحـرارة انخفاضا مما يؤدى إلى تراكم الجليد عاما بعد آخر حتى تكونت طبقات سميكة جدا من الجليد فوق سطح اليابسة.

وكان يفصل بين كل فترة جليد وأخرى فترة دافئة نسبيا، ترتفع فيها درجات الحرارة فيذوب الجليد المتراكم فى الشتاء. وقد تخللت هذه العصور الجليدية الأربعة ثلاثة عصور دافئة ارتفعت فيهـا درجات الحرارة أعلى مما عليه الآن. وكانت فترات تقدم وتراجع الجليد طويلة جدا بلغ طول بعضها مئات الآلاف من السنين.

بداية عصر دافئ:

تسود العالم الآن بداية فـترة دافئة حيث تـرتفع درجة الحرارة باضطراد. ولا يعرف السـبب الحقيقى لحـدوث التقلبات المناخـية الدورية على سطح الأرض على طول التاريخ. وإن كـان البعض يعزو ارتـفاع درجة حـرارة المناخ الحالى إلى زيادة تركيـز غاز ثانى أكـسيـد الكربون فى الغلاف الجـوى بسبب الإسـراف فى إحراق الفحم والبترول وغيرهما للحصول على الطاقة. فإحراق كيلو جرام واحد من تلك المواد العضوية الحـاوية على الكربون ينتج عنه تولد أكثر من ٢ كـيلو جرام من غاز ثانى أكسيد الكربون تضاف إلى الغلاف الجوى وتزيد من تركيز هذا الغاز فى الهواء الجوى .. ويسبب ذلـك ما يعرف بظاهرة الصوبة الزجـاجية Greenhouse effect فى البيـئة الأرضية كلهـا، نسبة إلى الصـوب الزجاجيـة التى تزرع بداخلها بعض المزروعات فى البلاد الباردة.

ويضعف من الرأى السـابق تكرار عصور التقلبـات المناخية عبـر التاريخ بين دافئة وباردة حتى العصور التاريخية القريبة. فقد كانت إسكندناوه أدفأ مما عليه الآن

خلال عصر البرونز (حوالى ٤٠٠٠ ـ ١٠٠٠ قبل الميلاد) ثم انخفضت درجة الحرارة بعد ذلك، ثم تلتها فترة دافئة فى القرن الرابع عشر الميلادى.

وتتكون معظم الطاقة الشمسية التى تصل إلى سطح الأرض من إشعاع كهرومغناطيسى تتراوح ذبذبته من أشعة أكس (الأشعة السينية) إلى الأشعة فوق البنفسجية، وضوء مرئى، وحرارة إشعاعية ثم موجات إشعاعية أو لاسلكية.

ويعتبر الغلاف الجوى للأرض غير منفذ لمعظم طول الموجات الكهرومغناطيسية السابقة، أما الحرارة الإشعاعية والضوء المرئى فلهما القدرة على اختراق الغلاف الجوى والوصول إلى سطح الأرض.

وتسبب الطاقة الحرارية التى تصل من الشمس إلى سطح الأرض حدوث تغيرات مناخية هامة فى الغلاف الجوى، فتسبب الدورة المائية، وتقوم بدور فعال فى عمليات تعرية وتجوية الصخور وتكوين التربة الزراعية. كما أنها تجعل سطح الأرض صالحا للحياة النباتية والحيوانية، فلولا هذه الطاقة لانعدمت الحياة على الأرض.

ويعكس سطح الأرض بعض الحرارة الإشعاعية إلى الغلاف الجوى، ولهذه الإشعاعات الحرارية موجات أطول من موجات الضوء المرئى العادى، ويقع أغلبها فى نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة. ولا تستطيع هذه الإشعاعات المرور فى غاز ثانى أكسيد الكربون، الذى يعمل كحاجز دون تسربها إلى الفضاء الخارجى. ويقوم هذا الغاز بامتصاص هذه الحرارة ويحتفظ بها فى داخل الغلاف الجوى للأرض. وعلى هذا الأساس فإن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى يؤدى إلى زياده امتصاص الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض، ومن ثم ترتفع درجه حرارة الهواء الجوى القريب من سطح الأرض عن معدلها الطبيعى.

وقد أشارت إحدى تقارير أكاديمية العلوم الأمريكية[٨] إلى أن درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض سوف ترتفع بمقدار درجتين أو ثلاثة درجات مئوية فى منتصف القرن الحادى والعشرين.

فإذا صحت توقعات أكاديميـة العلوم الأمريكية فى هذا المجال، فإن تغيرات مناخية خطيرة قد تحدث فى الأرض فى المستقبل القريب، وربما يترتب عليها ذوبان تدريجى للجليـد المتراكـم منذ آلاف السنين فى القطب الشـمالى والقـارة القطبيـة الجنوبية، وتضـاف مياهها إلى البـحار والمحيطات فـيرتفع مسـتوى سطح الماء وقد تغرق العديد من دالات الأنهار (مثل دلتا نهر النيل، ونهر السند وغيرهما) والعديد من المدن الساحلية فى كل القارات..

وسار الأحفاد على طريق الأسلاف:

لقد شهدت الـبيئة تغيرات واسعـة على مر العصور فقد بدأ الإنـسان حياته جامعـا للغذاء من الغابات إبان عصـور الحجر، وكان دوره ضئـيلا نسبيـا فى تغير البيئة آنذاك بسبب قلة عدد السكان وتشتتهم وسط محيط الغابات الواسع والسهول الغابيـه المتراميـة الأطراف، وفى تلك الفترة كـان الناس يأكلون مما تنبت الأرض، ويصطادون بعض الحيوانات لتناول لحومهـا واستخدام جلودها فى صناعة الملابس، ويصنعون من عظامها الأسلحة..

وخلال عـشرات القـرون لم يشعـر الإنسان بأن البيـئة تحـتاج إلى حـماية، فالغابات تشكل محيطا أخضر ليس له سواحل، والميـاه متوافرة ونقية والهواء خال من الدخان والمـلوثات الأخرى. وكان القـضاء على الغـابات الواسعـة، والأنهار الوفيرة الميـاه، وأسراب الطيور التى تعج بها الغابات فـى كل مكان.. لتبدو فكرة غربية، وربما لـم تخطر على بال الإنسان وقتذاك.

وقد تصرف الإنسـان طيلة حياته القديمـة، على ما يبدو، بتلقائيـة مفرطة، فإذا احتاج إلى الخشب اقتلع الأشجار من الـغابات الواسعة، فإذا احتاج إلى حقل يزرع فيه نباتات مـعينة اقتطع مساحة من الغابة وجردها من نبـاتاتها وحرثها وزرع فيها ما يشاء، فإذا ضعف إنتـاج هذا الحقل بسبب استنزاف تربته، اقتطع جزءا آخر من الغابة ليكون حقلا جديدا..

فإذا احتاج الإنسان إلى النحاس أو الحديد أو الأحجار حفر الأرض واقتلع منها ما يريد وألقى نفاياتها حول المنجم، وصهر الخامات وألقى بنفايات الأفران فى العراء الفسيح.

واعتاد الإنسان على اعتبار كوكب الأرض غنيا وكنزا لا ينضب أبدا، أعطى وسيعطى إلى الأبد الكميات المطلوبة من الماء والغذاء ومواد الطاقة.. وكانت هذه الأفعال الهدامة لا تؤثر تأثيرا كبيرا على البيئة الطبيعية حينما كان تعداد البشرية قليل نسبيا، ولم يكن الإنسان مسلحا بالوسائل التكنولوچية المتقدمة، فباستعمال الفأس والمحراث الخشبى تمكن الإنسان من استصلاح مساحات محدودة وقطع أعداد قليلة من أشجار الغابة سرعان ما تنمو آلاف غيرها، أو ألقى بكميات محدودة من فضلاته سرعان ما تقوم عناصر من البيئة بتحليلها إلى عناصر تتصاعد فى الهواء ويعود الباقى إلى التربة لينتفع به نبات جديد فى نموه، أى أن البيئة الطبيعية لم تلق بالا لمثل هذه الأعمال البسيطة جدا فى الماضى..

ثم زاد عدد السكان وتقدمت التكنولوچيا وصار البشر قادرين على أن يأخذوا من البيئة أضعاف أضعاف ما أخذه أسلافهم السابقون من المواد العضوية وغير العضوية، والتأثير على كل مكونات البيئة من حيوان ونبات ومياه وهواء وجماد.. تأثيرا فعالا لم يسبق له مثيل من قبل.

ونضرب مثالا لذلك بمواد الطاقة من فحم وبترول وغاز طبيعى لما لها من آثار سلبية على البيئة.. فقد بدأ استخراج الفحم الحجرى على نطاق واسع اعتبارا من النصف الثانى من القرن التاسع عشر. وقد زاد ما استخرجه الإنسان من فحم وبترول وطين زيتى (يستخرج منه البترول بالتقطير) وغاز طبيعى خلال النصف الأول من القرن العشرين على ١٠٠,٠٠٠ مليون طن. ونتج عن احتراق هذه المواد لأجل الحصول على الطاقة أكثر من ٣٠٠٠ مليون طن من الرماد أضيف بعضه إلى الهواء الجوى والباقى إلى المياه والتربة وتحتوى هذه الكمية من الرماد على أكثر من مليون ونصف مليون طن من الزرنيخ، ١,٢ مليون طن من الزنك والأنتيمون.. وهى عناصر سامة وملوثة للبيئة. وستجد طريقها فى النهاية إلى أجسام البشر.. فتصيبهم بالتسمم والأمراض الخطيرة.

ويستهلك سنويا نحو ستة آلاف مليون طن من غاز الأكسجين فى احتراق الوقود المستخرج من باطن الأرض.. وكما ذكرنا آنفا فإن إحراق طن واحد من المواد العضوية الحاوية على الكربون (البترول، الفحم، الخشب... إلخ) يولد أكثر من طنين من غاز ثانى أكسيد الكربون تضاف إلى الهواء الجوى.

وقد تعرض الجزء العلوى من سطح اليابسة للتعديل والتغير بفعل النشاط الإنسانى، إذ يبلغ ما يتعرض للعزق والتقليب والحفر والردم والخلط والمعالجة من مكونات سطح الأرض أكثر من رقم (٣) أمامها ١٨ صفرا، من الأطنان من الخامات المعدنية والصخور والتراب، وهو رقم يعبر عن حدة التغيرات التى تعرضت لها صخور القشرة الأرضية [٩]. وسوف يزداد ذلك بالوقت زيادة كبيرة مع زيادة تعداد البشر وحاجاتهم للطعام ومواد الطاقة.

وربما زاد تأثير الإنسان الهدمى فى البيئة منذ أن عرف السيطرة على النار فى عصر الحجر القديم ـ ولا تعرف بداية لهذا العصر، وإن تراوحت نهايته من عشرة آلاف إلى خمسة عشر ألف سنة قبل الميلاد. وكانت سيطرة الإنسان على النار من أهم إنجازاته الحضارية والتى حققت له التكيف مع البيئة والسيطرة عليها.. كانت النار الأساس الذى قامت عليه العديد من الصناعات الفنية مثل صناعة الفخار وصهر المعادن. وفى بادئ الأمر استخدم الإنسان النار فى تدفئة الكهوف والأكواخ التى يسكنها وفى حماية نفسه وأهله من الحيوانات المفترسة الكبيرة؛ لأنها تخاف من النار، واستخدم النار كذلك فى حرق أدواته المصنوعة من الطين ثم فى طهى الطعام.

وكان لاكتشاف النار والسيطرة عليها دور كبير فى تغيير البيئة الطبيعية، إذ كان الإنسان بقطع الأشجار للحصول على الخشب اللازم لإبقاء النار مشتعلة فى موقده .. وقد منحت النار الإنسان قوة عظيمة من السيطرة على البيئة من حوله، ووسعت قائمة الأغذية النباتية والحيوانية التى تستخرج لغرض استعمال البشر.

واستخدمت النار فى صهر الخامات والحصول على الحديد الذى استخدم فى صناعة آلات قطع الأخشاب وهدم الغابات جنبا إلى جنب مع النار. وقد عثر

العلماء فى شمال بلجيكا وألمانيا على طبقات من الرماد يعتقد أنهـا شواهد صامتة على الحرائق القديمة. وربما كـان لمثل هذه الحرائق (وبعـضها يشـب فى الغابات بسبب تطاير حمم البراكـين الملتهبة أو شرر الصواعق أو سقوط نيـازك ملتهبة على مواد نباتية جافة) دور فى الإخلال بالتـوازن البيئى وقتذاك، إذ أبادت النيران بعض الغابات والأحراج وكونت مناطق واسعة مكشـوفة ربما استغلها الإنسان فى الزراعة بعد ذلك.

ولم يتوقـف عدوان الإنسان على الـغابات حتى يومـنا هذا، ونتيجـة لذلك انخفـضت مساحة الغـابات على سطح الأرض من ٢٨ مليون ميل مـربع إلى نحو النصف أو أقل. وحتى ما تبقى من تلك الغابات غير الإنسان من طبيعته الأصلية؛ حتى أنه يمكن القول بأنه لا توجد فى الوقت الحـاضر عينات من الغابات الأصلية على سطح الأرض.

وربما كان للتغيرات المناخية العالميـة دور فى تقليص مساحة وطبيعة الغابات. فقد تغيرت ـ مثلا ـ طبيعة غابات جنوب شرق إنجلترا فى الفترة الممتدة من ٦٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ قبل الميـلاد، من غابات صنوبرية إلى غابـات متنوعة الأشجـار الخشبـية الصلبة والتى تغلب عليها أشجار البلوط.

وخلال الثلاثة آلاف سنة الأخـيرة غير الإنسان فى البيئـة النباتية على سطح اليابسة واستغل الغابات والمراعى استغلالا جائرا. وكان أسلافنا من صيادى عصور الحجـر ينظرون برهبـة وخوف إلى الغابـات على أنها ملجـأ للأعداء والحـيوانات المفترسة. وربما أشـعلوا فيها النار لطرد سكانها من الأعداء والحيـوانات المتوحشة. وكان ذلك بداية العدوان على الغابات وتغيير البيئة.

واستمـر نشاط الإنسان فى تغيـير البيئة وطبـيعتهـا وازداد ذلك فى العصور الحديثة إثر بعض الاكـتشافات العمليـة مثل ظهور علم الكيميـاء الزراعية على يد العالم الألمانى يوستوس فون ليبنج فى أواسط القـرن التاسع عشر الذى فسر قوانين التغذية المعدنية للنباتات وبين أن إضافة مركـبات الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم

وغيرها إلى التربة الزراعية يمكن أن تحـول التربة الجدباء إلى أرض خصبة ومن ثم بدأ استخدام الأسمدة الكيميائية فى الزراعة.

الجدير بالذكر أن بعض قبائل الأميـرنديين (الهنود الحمر) الذين عاشوا قرب الساحل الأطلنطى فى أمريكا الشمالية قبل عصر كولومبس (أى قبل عام ١٤٩٢م) قد عرفوا تسميد التربة، حيث كانوا يضعون واحدة من أسماك الرنجة فى كل حفرة من حفر الذرة عند زرعـها، ثم يذهبون بعد ذلك للصيد تاركـين الذرة وشأنها إلى أن يعودوا ثانية لحصاد المحصول...

وبانتقال الإنسان من عـصور الصيد وجمع الغذاء إلى عـصر الزراعة وإنتاج الغذاء، زاد الإنســان من مساحــة الأراضى المقتطعة من الغــابة، وباستمــرار زراعة الأرض تقل خصوبتهــا وتقل غلتها فيلجأ الإنسان إلى اقتطاع مــساحات أخرى من الغابة وبذلك توسعت الأراضى الزراعـية على حساب الغابات الطبـيعية، ولايزال هذا الأسلوب متبعا حتى اليوم فى بعض مناطق الغابات الإستوائية.

واستـغل الإنسان الغابات فى العصـور التالية كـمصدر للأخشــاب لصناعة السفن وبناء الأكواخ وفى إنتاج الفحم الذى كان يستخدم فى العصور الوسطى فى صهر الخامات المعدنية واستمر استخدام الفحم فى هذا الغرض حتى منتصف القرن الثامن عـشر. وكانت العادة أن تنقل الخـامات المعدنيـة من المناجم إلى الغابات، حيث تقام أفران صهر الخامات بالقرب منها، وذلك بدلا من نقل الخشب أو الفحم إلى مواقع المناجم.

وكان للمناجم السطحـية Opencast mines دور كبير فى تقـليص مساحات الغابات، فبعد أن تحـفر تلك المناجم فى مناطق الغابات تتجمع المياه الجوفـية فيها، ويقوم الـعاملون بســحب تلك المياه مما يؤدى فى النهـاية إلى حمض مــسوب الماء الجوفى فى المنطقة مما يؤثر على حياة بعض النباتات حول المنجم. وبعد ترك المنجم تتجمع فيه المياه مكونة بركة.

كذلك تسبب المناجم التحت سطحية العملاقـة تدميرا للغابات فى مواقعها، ففى أثناء العمل فى تلك المناجم يتم سحب المياه الجوفـية المتجمعة فى المنجم وبعد

ترك المنجم يمتلئ جوفه بالماء وقد ينهار سقفه مكونا بركا من الماء كما حدث فى إنجلترا مرارا.

وقد ساهمت التغيرات المناخية العالمية فى تغيير البيئة النباتية منذ قديم الزمان .. فكثير من مناطق شمال أفريقيا خاصة صحراء ليبيا والصحراء الكبرى والتى تعتبر اليوم من أقحل مناطق العالم وغير مأهولة بالسكان، لم تكن كذلك فى الماضى، فقد كانت هذه الصحارى إبان عصر الحجر الحديث (لم يبدأ هذا العصر فى كل بقاع العالم فى وقت واحد) وحتى عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد (أى منذ نحو سبعة آلاف عام ـ وحتى ألفين قبل الميلاد) كانت مناطق آهلة بالسكان وكانت غنية بالمياه العذبة وفيرة النباتات والحيوانات. ويدل على ذلك وجود بقايا كثيرة من عظام الحيوانات التى كانت تعيش فى المنطقة مثل: الزراف والأفيال وأفراس النهر والوعول وغيرها.. ولا تزال تنمو فى بعض البقاع الجبلية فى هذه الصحارى نباتات معمرة، وتعيش فيها بعض التماسيح القزمية فى بعض البرك، وهى مناطق يصعب الوصول إليها بالطرق البرية.

مخلفات الإنسان ملوثة للبيئة:

تعد مخلفات الإنسان أكبر ملوثات للبيئة، كان ذلك منذ عصور الحجر وحتى اليوم. فقد عثر الباحثون فى العديد من الكهوف التى سكنها إنسان عصور الحجر فى أوروبا، على أكوام من مخلفات الطعام، ورماد النيران، والأدوات الحجرية المحطمة، وقد تراكمت هذه المخلفات فى أرضية الكهوف وكونت هذه المخلفات بمرور الوقت طبقات بلغ سمك بعضها عدة أقدام..

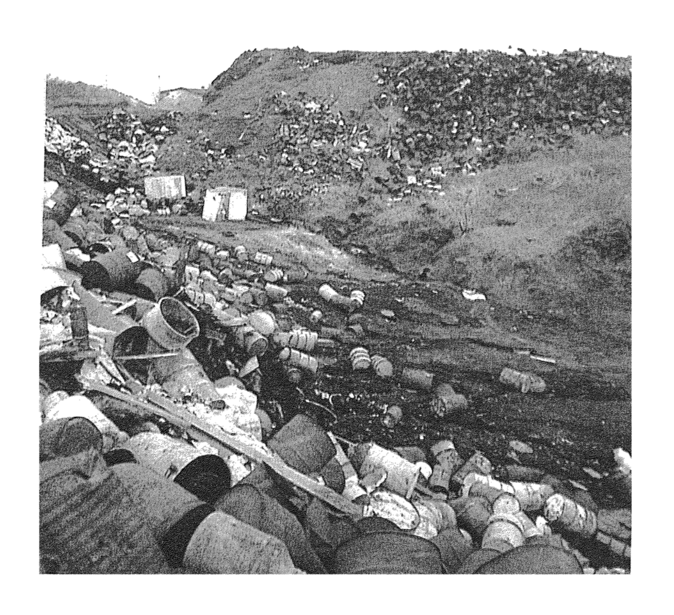
ولا تزال مخلفات الإنسان الشخصية ومخلفات المنازل وأجسام الحيوانات الميتة (والتى نشاهدها كثيرا تطفو فوق سطح الماء فى مجرى النيل والترع ..) ثم المخلفات الصناعية ومخلفات المناجم مثل مناجم الفحم الحجرى والتى حلت محل الفحم النباتى فى صهر الخامات المعدنية .. إلخ .. تقول لا تزال تلك المخلفات تشكل التلوث الرئيسى فى البيئة. وقد بلغت نفايات منجم واحد فى إنجلترا مائة مليون طن فى سنة ١٩٦١، وغطت نفايات المناجم نحو ٨٠٠ مليون فدان فى

الولايات المتحـدة الأمريكية، و٢١٣ ألف فدان فى ألمانيـا، ونحو ١٥٠ ألف فدان فى إنجلترا . وقد تعد هذه المساحات صغيرة بالنسبة إلى مساحات الدول التى فيها. إلا أنها تعد كبيرة بسبب كونها تقع فى مناطق صناعية ذات كثافة عالية من السكان بسبب هجرة الأيدى العاملة إلى تلك المواقع.



شكل (٧)

تزدحم مقالب النفايات بمخلفات الإنسان المتنوعة، وإذا لم يتم التخلص منها بطريقة فنية سليمة تسربت بعض مكوناتها مع مياه الأمطار لتضاف إلى المياه الجوفية وتلوثها لتجد طريقها فى النهاية إلى جسم الإنسان (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).



شكل (٨)

تعد نفايات المصانع من أكثر ملوثات البيئة خطورة لما تحتويه من مخلفات كيميائية سامة، والتى تتسرب مع مياه الأمطار إلى المياه الجوفية وتلوثها، ثم تجد طريقها إلى جسم الإنسان فى نهاية المطاف (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وتعد مناطق استخراج البترول فى بعض الحالات مناطق ملوثة، ويعتدى فيها الإنسان على البيئة الطبيعية ويغير من معالمها. فقد أدت هجرة العديد من السكان إلى صحراء قارة قرم فى الاتحاد السوفيتى السابق، بحثا عن البترول والثروات المعدنية، أن زاد عدد السكان فى تلك الصحراء، وزادت حاجتهم إلى الغذاء ومن ثم زادت رءوس الماشية (الأغنام) فى تلك الصحارى لسد حاجة السكان من اللحوم. وكانت النتيجة أن جار استخدام الإنسان للمراعى فى المنطقة بما فيها من الأشجار الخشبية التى تستخدم كوقود، وفى النهاية تم القضاء على الغطاء النباتى للأرض وانخفض إنتاج المراعى فى بعض المناطق بمقدار مرة ونصف وانحسرت النباتات لتحل محلها كثبان الرمال المتحركة.

وعلى الساحل الشمالى فى مصر وعلى بعد اثنى عشر كيلو مترا شرقى مدينة دمياط، وعلى جانب الطريق الساحلى الذى يقطع بحيرة المنزلة إلى بورسعيد تقع قرية شطا. وفى هذه القرية كما يقول الدكتور زكى زغلول(*) قامت إحدى شركات الحفر عن البترول بتشوين مئات الأطنان من مخلفات الحفر المرفوعة من الآبار والمكونة من مواد طينية بها عوالق بترولية كافية لتلويث بحيرة المنزلة والمنطقة الساحلية من دمياط حتى بورسعيد بالملوثات البترولية الخطيرة.

وتعد مقالب القمامة القريبة من المدن مصدرا لأخطار عديدة بجانب تلويثها للبيئة كما حدث فى جنوب ويلز، حيث انزلقت محتويات مقلب قمامة فى سنة ١٩٣٩ بعد أن تبللت بمياه الأمطار وزاد انحدارها بمرور الزمن، وانتشرت مخلفات كوم القمامة والتى زادت عن ١٨٠,٠٠٠ طن لتغطى مساحة واسعة فى المنطقة. وفى سنه ١٩٦٦م حدث انفجار فى أحد مقالب القمامة فى جنوب ويلز أيضا بصورة فجائية بسبب تفاعلات وعمليات كيميائية لم تعرف بعد، وتكون بسبب هذا الانفجار حفرة عميقة ابتلعت ١١٦ طفلاو ٢٨ رجلا غرقوا فى الوحل فى داخل الحفرة. وكان هذا المقلب مستخدما لإلقاء المخلفات الصناعية الصلبة وغيرها حتى وقت وقوع الكارثة. وحدث شىء مماثل لذلك فى منطقه ليبزج، حيث يوجد

(*) جريدة الأهرام ـ العدد ٤٠٠١٠١ بتاريخ ٢١ / ٩ / ١٩٩٦ .

مقلب كبير للقمامة فى جنوب المنطقة ووصل ارتفاع المخلفات فيه إلى نحو ٨٠ قدما. وقد انفجر هذا الكوم فجأة سنه ١٩٥٩ واندلعت منه المنهمرات والتى بلغ حجمها نحو ٧٠,٠٠٠ متر مكعب وغطت الأراضى الواطئة لمسافة تبعد عن موقع المقلب بنحو ١٠٠٠٠ قدم. ويعد ذلك دليلا على عدم وعى الإنسان فى التخلص من النفايات الصناعية وغيرها، وعدم معرفته أيضا بالخواص الفيزيائية لمقالب القمامة.

المدن الكبرى .. براكين متفجرة:

البراكين هى فتحات فى صخور القشرة الأرضية تنطلق منها المواد البركانية فى صورة سائلة أو غازات وأتربة.

ويمكن تشبيه بعض المدن الصناعية الكبرى مثل القاهرة وطوكيو ونيويورك ولندن وباريس... إلخ بالبراكين الثائرة، حيث يقذف سكان تلك المدن وآلاتهم ومصانعهم ومركباتهم بمئات الآلاف من الأطنان من الغازات السامة والأتربة وعوادم المصانع والسيارات... إلخ إلى الهواء الجوى. وتكون هذه الغازات والأتربة غلالة أو سحابة رمادية أو زرقاء اللون تغطى تلك المدن. وتزحف هذه السحب السوداء فوق القارات بفعل تيارات الهواء لتلوث مناطق أخرى.

وتتالف تلك السحب بصفة رئيسية من غاز ثانى أكسيد الكربون والسناج وأكاسيد الكبريت والفوسفور والزرنيخ والزنك والكادميوم... إلخ. ويمكن رؤية مثل هذه السحب الغازية الغبارية فوق المدن الكبرى من الطائرات أو من فوق قمم الجبال العالية. وفى مصر يمكن مشاهدة السحابة الغازية الغبارية فوق القاهرة من جبل المقطم مثلا.

وإذا تعرضت سحب الغاز والغبار لمياه الأمطار ذاب بعضها فى الماء مكونا الأمطار الحمضية. ويعتبر ماء المطر حامضيا إذا زاد تركيز أيون الهدروچين فيه عن تركيز أيون الهدروچين فى الماء العادى. ويستخدم العلماء ما يعرف بالرقم الهدروچينى للتعبير عن حموضه أو قلوية المحاليل. فالماء المتعادل رقمه

الهدروچينى (٧)، فإذا زاد هذا الرقم عن (٧) أصبح الماء قلويا وإذا انخفض الرقم الهدروچينى عن (٧) كان الماء حامضيا.

وقد زادت كميــة ثانى أكسيد الكربون التى أضيــفت إلى الهواء الجوى سنويا خلال النصف الأول من القــرن العشرين بمقدار ثمــان مرات عما كانت عــليه قبل ذلك وبلغت حوالــى ستة آلاف مليــون طن. ثم تضاعفت فى النــصف الثانى من القرن العشرين.

ودلت التجــارب أن هواء معظم المدن الصناعــية الكبرى فى الــعالم به نقص شديد فى الأكسچين.

وتعد نيويورك من أكثــر المدن تلوثا فى العالم إذ تنفث هذه المدينة إلى الهواء الجوى حوالى ٣٢٠٠ طن من ثانى اكسيد الكبريت، ٢٨٠ طنا من الغبار، ٤٢٠٠ طن من ثانى أكسيد الكربون وأول أكــسيد الكربون، بالإضافة إلى أكاسيــد متعددة للنتروچين والزرنيخ وغــيرها، ويترسب من هذه السحــابة على سطح الأرض نحو أربعة أطنان من السناج فى كل ميل مربع تقريبا.

وقد يتصور البعض أن الهواء ملوث فقط فوق المدن الصناعية الكبرى. وهذا غير صحيح فبسبب حركــة الهواء أصبح تلوث الغلاف الجوى ظاهرة عالمية وتشمل كل الطبقة السفلى من الغلاف الجوى (التروبوسفير) وحتى جزر هاواى الواقعة فى وسط المحيط الهادى تعانى من تلوث الهواء ـ وإن كان بدرجة أقل من تلوث الهواء فى المدن الكبرى، وقــد زاد تلوث الهواء فى جــزر هاواى خلال الأعوام الأخــيرة بأكثر من ٣٠ ٪.

وبلغ تلوث البيئة الخط الأحمر:

البيــئة ـ كمــا ذكرنا آنفــا ـ وحدة متكاملة تتــألف من عدد من الأعــضاء أو العناصر المرتبطــة ببعضهــا البعض فى توازن طبيــعى دقيق ويعبــر عنه باسم النظام البيــئى Eco System ـ وهو مصطلح اخترعــه السير آرثر تانسلى فى عام ١٩٣٥ ليعبر به عن نظام تعيش فيه مجموعة من الكائنات الحية فى تكامل مع كل العناصر

المكونة للبيئة وتؤثر هذه العناصر فى بعضها البعض، وترتبط مع بعضها فى توازن دقيق[١١]. ويؤدى حدوث أى تأثير خارجى ضئيل، أو تدخل طائش إلى الإخلال بهذا التوازن القائم بين عناصر ومكونات النظام البيئى. وتعد الشعاب المرجانية من أكثر النظم البيئية تكاملا وتتألف البيئة من عناصر طبيعية غير حية وتشمل الماء والهواء والتربة والضوء والحرارة . . . إلخ، ثم عناصر حية وتشمل الإنسان والحيوان والنبات.

ويؤثر نشاط الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى بقية العناصر المكونة للبيئة، فقد يغير من صفات وتركيب الماء والهواء والتربة الزراعية. وحتى فى چينات النباتات والحيوانات فيما يعرف بتكنولوچيا الهندسة الوراثية ـ وهى أخطر آثار الإنسان على البيئة ومكوناتها.

فإذا كان الإنسان قد غير فى البيئة فى العصور القديمة بأن قطع الأشجار وأزال الغابات وحل محلها الأراضى الزراعية، أو دجن الحيوان والنبات. . . إلخ فإن بعض علماء البيولوچيا فى الوقت الحاضر يحاولون تغيير صفات وتركيب الجينات حسب ما يرون ـ وقد يتمكنون من التأثير بدرجة كبيرة على تركيب الچينات التى تحمل البرامج (الصفات) الوراثية، والتأثير على الچينات كيميائيا بالاقتران مع الجراحة البيوكيميائية باستخدام أشعة الليزر، التى تقوم بزراعة أجزاء من خلية ما فى خلية أخرى، ومن ثم يمكن استنباط سلالات جديدة من النباتات والحيوانات تتمتع بصفات غير مألوفة. . . إلخ. ويعد ذلك تدميرا للبيئة الطبيعية ـ وحتى لو أمكن بهذا الأسلوب زيادة المنتجات الزراعية والحيوانية ـ وهناك من يرى أن ذلك جريمة يرتكبها الإنسان، ولا ينبغى استخدام هذه التكنولوچيا إلا فى مجال الطب وعلاج الإنسان.

وتتعرض بعض عناصر البيئة لتغيرات خارجة عن نطاق الإنسان، فتارة يسود قيظ، وتارة تسود أيام البرد، وتعقب فترات الجفاف أيام غزيرة المطر، وقد يتغير ضغط ورطوبة الهواء من مكان لآخر تغيرا كبيرا، كما قد تتغير شدة الإشعاعات الشمسية وتركيبها النوعى، ويتغير المجال الكهرومغناطيسى والكهربائى للأرض.



شكل (٩)

تعد الشعاب المرجانية نظاما بيئيا متكاملا إلى حد بعيد، وهو نظام بناء، ويضم العديد من الأحياء المائية، ومن صفاته أنه يعيد تدوير المغذيات بين أعضاءه (ففضلات أعضاء غذاء لأعضاء آخرين)، والشعاب المرجانية حاجز طبيعى يحمى الشواطئ من ضربات الأمواج البحرية القوية، هذا بالإضافة إلى أهميتها الاقتصادية والجمالية (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

غير أن التـقلبات الجوية والتغـير فى درجات الحرارة ليـست كبيرة عـموما، ولكنها تحـدث ببطئ عبر القـرون وحتى آلاف السنين. وخلال هذه الفـترة تتكيف النباتات والحيوانات على تلك التغيرات التدريجية. .

وهناك توازن وانسجـام بين كل الأعضـاء المشاركين فى الـبيئـة، فإذا تدخل الإنسان فى هذا النظام وغلب عـضوا على آخر اختل هذا الـتوازن وأصيبت البـيئة بأضرار كـبيرة، قـد لايدركها الإنسان لأول وهـلة ولكنه يحس بها بعد فـترة من الزمن.

فإقحـام حيوان أو نبات فـى بيئة معـينة يحدث انقلابا فى التوازن الطبـيعى القائم بين أعضـاء تلك البيئة، ويؤدى إلى تكون دورات غـذائية جديدة وينتج عن ذلك فى النهائية اختلال التوزان الطبيعى فى البيئة.

فالقطة التى جئ بها إلى بعض الجزر الشبه قطبـية للحد من انتشار الفئران، قضت على مستـعمرات الطيور، والثعلب الذى أدخلوه إلى أستـراليا للقضاء على الأرانب البرية، تسبب فى اختفاء عدد كـبير من أصناف الحيـوانات ذات الأكياس (الجرابيات)(٩).

وذات يوم جلب سكان جزيرة سـقطرى اليمنية فـى المحيط الهندى، الكلب إلى جزيرتهم الهـادئة، فما كـان منه إلا أن هاجم الأغنام والماعز فى الجزيرة فـقام الأهالى بالقضاء علـى الكلاب قبل أن يستفحل خطرها وتقـضى على ثروة الجزيرة من الماعز والأغنام.

وعاشت فى البرارى الأمريكية قبل عصر كولمبس (أى قبل سنة ١٤٩٢م وهو العام الذى وصل فـيه كريسـتوفر كـولمبس إلى أمريكا لأول مـرة) أنواع عديدة من النباتات البرية، ومنها عنب الثعلب. وكان هذا النبات بمثابة الغذاء المفضل لخنفساء صغيرة الحجم مرقطة. وكانت تلك الخنفساء وغيرها من الحشرات تعيش فى توازن وانسجـام مع كل عناصر البـيئة فى تلـك البرارى الواسعـة. وعند موتهـا تتحلل أجسامها بفعل عوامل التحلل من البكتريا وغيرها، ليعود بعض ما أخذته من البيئة فى أثناء حيـاتها، يعود إلى البـيئة مـرة أخرى ليدخل فى دورات جـديدة للنباتات

والحيوانـات . . ومنها عنب الثعلب وكان لكل حـشرة من تلك الحشرات أعـدائها الطبيعيـين. ورغم كثرة أعداد الخنفساء المرقطة لم تكن تهـدد نبات عنب الثعلب، فكلما ازداد عدد الخنفساء المرقطة ازداد أعدائها الطبيعيين من الحشرات.

وبعد أن اسـتوطن الأوروبيون أمـريكا وقضوا على سكانهـا الأصليين وهم الأميرنديين، أخذوا يزحفون إلى الغرب وأزالـوا البرارى وأحرقوا النباتات ليزرعوا مكانها الحبـوب والبطاطس وغيرها. ولم تجد الخنفـساء المرقطة إلا البطاطس والتى شكلت غـذاء طيبـا لها وقـد حلت محل عـسب الثعلب الذى تم القـضاء عليـه، وهاجمت الخنفساء محصول البطاطس وازداد عددها بكميات مهولة إذ انهار توازن البيئة التى عاشت فيها آلاف السنين، وصـارت الخنفساء تتكاثر بصورة جامحة تنذر بالكارثة، وخاصـة أن الأعداء القدامى لها والذين كانوا يـحدون من زيادة أعدادها عن حد معين، ويعيشون معها فى البرارى، لم يحذوا حذو الخنفساء فى المجئ إلى حقول البطاطس.

وفى عام ١٨٧٦م انتـقلت الخنفساء الأمـريكية مع المواد الغـذائية إلى أوروبا وأخـذت تهاجم حـقول البطاطس الأوروبيـة، وفى البـداية أمكن القضـاء عليهـا بالمبيـدات الحشرية. ولـكن ظلت هذه الخنفساء تنتـشر من حـقل لآخر ومن دولة لأخرى حتى صارت خطرا جامحـا فى أوروبا كلها وهناك أمثلة عديدة على تدخل الإنسان فى النظام البيئى مما أدى إلى اختلال التوازن الطبيعى بين عناصره، ويكفى أن نذكر كارثة غزو الأرانب لأستراليا، أو الهـجوم الضارى الذى شنه نبات الصبار على أستراليا. فقد نقل إليها نبـتة واحدة من الصبار فى عام ١٨٣٩م. وبعد مرور ثمانين عاما انتشر نبات الصـبار وغطى مساحات وصلت إلى ٢٤ مليون هكتار من أراضى أسـتراليا الـتى تحولت بعض المناطق فـيهـا إلى أدغال كـثيـفة من الصـبار وتقلصت مساحـات واسعة من المراعى تحت زحف نبات الصـبار. ولم يستطيع أى شىء القضاء على هذا النبات لا النار ولا القلع ولا السموم. ولم تفلح فى القضاء عليه بسرعة كبيرة إلا عدوه الطبيعى وهى فراشة صغيرة نقلت إلى هناك من موطنها الأصلى فى أوروجواى(٩).

وتؤكد هذه الأمثلة وغيرها على أن النظام البيئى نظام متكامل يؤثر فى بعضه البعض مع وجود توازن دقيق من عناصره المختلفة.

فكما يؤثر الإنسان فى البيئة ويغير فيها، يتأثر هو أيضا بها ويتكيف معها، فنجد أن سكان المناطق الباردة فى أقصى الشمال دو أجسام تساعد على الاحتفاظ بالدفء إلى أقصى حد.

وتتكيف أجسام الشعوب التى تعيش فى المناطق الجبلية العالية لكون الهواء يحتوى على نسبة منخفضة من الأكسچين، مثل سكان صنعاء وغيرها من المدن اليمنية فى المرتفعات الوسطى فى اليمن، وهى مناطق يرتفع بعضها عن مستوى سطح البحر بنحو ٢٧٠٠ متر، وتحتوى أجسام هؤلاء الناس على كمية كبيرة من الخلايا الحمراء فى الدم وزيادة كمية الهيموجلوبين فيه، كما أن سعة رئاتهم أكبر من سعة رئات قاطنى المناطق الواطئة الغنية بالأكسچين.

ولاحظ العلماء منذ زمن بعيد أن الهواء فى غابات الصنوبر يكون نقيا جدا، وأن عدد الأحياء الدقيقة فى غابات أشجار البتولا يكون قليلا غير أنه يزيد بمقدار ١٠ مرات عما فى غابات أشجار الصنوبر. ويرجع نقاوة هواء غابات الصنوبر إلى مواد كيميائية متطايرة - لم تعرف بعد - وتقضى هذه المواد الكيميائية على معظم الكائنات الدقيقة. وكان يستفيد من هذه المواد الكيميائية المتطايرة النباتات والحيوانات والبشر.

وأدت الكائنات الحية على طول التاريخ إلى تقليص الاحتياطيات الأولية للهواء الجوى من الأمونيا والهدروچين والميثان وكبريتيد الهدروچين وثانى أكسيد الكربون. وكان للنباتات الخضراء دور أساسى - من خلال عملية التمثيل الضوئى - فى تقليل ثانى أكسيد الكربون وزيادة الاكسچين الطليق فى الهواء الجوى.

وعلى النقيض من ذلك يعمل الإنسان والحيوان على زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون، وتقليل نسبة الأكسچين فى الهواء الجوى فى أثناء حياتهما وذلك من خلال التنفس إد يحتوى الهواء الذى يستنشقه الإنسان على ٢١ ٪ من حجمه

أكسچين ونحو ٠٣,٠٪ ثانى أكسيد الكربون، أما هواء الزفير فيحتوى على ١٦ ٪ أكسچين بينما تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى حوالى ٤٪.

ويستهلك الإنسان فى ساعة واحدة حوالى ٢٣ لترا من الأكسچين ويضيف للهواء الجوى نحو ٢٠ لترا من غاز ثانى أكسيد الكربون.

وخلال سنة واحدة يبلع الناس من الهواء الجوى حوالى ٦٦٤ مليون مليون مليون، ٧٦٣ ألف مليون لتر من الأكسچين. ويضيفون إلى الهواء الجوى نحو ٥٥٩ مليون مليون مليون، ٦٤٠ ألف مليون لتر من غاز ثانى أكسيد الكربون.

وبالطبع فإن كمية الأكسچين التى يستهلكها الناس سنويا فى التنفس هائلة، غير أنها ضئيلة بالمقارنة مع كمية الأكسچين التى تنبعث من النباتات فى أثناء عملية التمثيل الضوئى. وتأتى الكمية الرئيسية من هذا الأكسچين من الأعشاب المائية والكائنات النباتية الدقيقة والتى قد لا ترى بالعين المجردة.

الجدير بالذكر أن كمية الأكسچين المستهلكة سنويا فى حرق الوقود تبلغ ستة آلاف مليون طن، فى حين أن الأكسچين الذى يتنفسه الناس سنويا لا يزيد عن ٧٠٠ مليون طن. وأن النباتات تغذى الهواء الجوى بنحو ٣٥٠ ألف مليون طن من الأكسچين. وتأتى معظم هذه الكمية من النباتات والأعشاب المائية الدقيقة، وليست من الأشجار الضخمة.

فالنباتات والحيوانات تلعب دورا هاما فى إعادة توزيع العناصر الكيميائية فى البيئة. ويكفى الإشارة إلى أن طبقات الفحم الحجرى فى العالم هى كربون مدفون فى الأرض، انتزع فى صورة ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى لعدة قرون حينما كانت طبقات الفحم غابات بازغة الأغصان وتغطى مساحات شاسعة من سطح اليابسة.

وطبقات أحجار الجير مثل جبل المقطم وغيره هى عبارة عن غاز ثانى أكسيد الكربون ذاب من الهواء الجوى فى مياه البحار والمحيطات وترسب مع الكالسيوم فى أجسام الكائنات الحية البحرية أو بالترسيب الكيميائى من ماء البحر

الألوان إحدى عناصر البيئة الهامة:

تعد الألوان أحد عناصر البيئة التى تؤثر فى الإنسان تأثيرا كبيرا. وقد لوحظ تأثير الألوان فى الحالات المرضية منذ زمن بعيد نسبيا، فيخفف اللون الأخضر من وطأة الأمراض النفسية، ويهدى اللون الأزرق السماوى من الأعصاب وكان اللون الأزرق مفضلا لدى قدماء المصريين، وقد استورد المصريون القدماء معادن الكوبالت من إيران وأرمينيا لاستخدامها فى صناعة الزجاج، حيث إن الكوبالت يلون الزجاج باللون الأزرق المفضل لدى المصريين القدماء.

وتزيد الألوان الحمراء والصفراء من التوتر العضلى وتزيد انقباضات القلب، وترفع ضغط الدم، وتزيد إيقاعات التنفس، وتحسن وتزيد النشاط والفاعلية. وإذا وضع الأطفال الخامدون فى مبانى يسود فيها اللونان الأحمر والأصفر زاد نشاطهم وتحسن مزاجهم، وزاد وزنهم، وزادت نسبة كرات الدم الحمراء فى أجسامهم.

أما الألوان اللازوردية والزرقاء فتساعد على خفض ضغط الدم، وتبطئ إيقاع القلب والتنفس، وتؤدى إلى سلبية واضحة إلى حد ما وإلى الوهن[٩].

وتتميز البيئة الطبيعية غير الفقيرة بتنوع لونى كبير. وربما كان ذلك أحد الأسباب فى حاجة الإنسان إلى تبديل معين فى الألوان التى يراها ويتعامل معها والذى يساعد على تهدئة الدماغ وإزالة التعب.

ويعد الصوت عاملا هاما فى البيئة. وهناك من يرى أن لغة البشرقد نشأت من خلال محاكاة الأصوات الطبيعية فى البيئة. الناجمة عن الانفعالات الطبيعية للإنسان، وأصوات الحيوان وأصوات مظاهر الطبيعة والأصوات التى تحدثها الأفعال عند وقوعها كصوت الكسر والقطع، وصوت خرير الماء .. إلخ[١٢].

وقد عزا الناس للموسيقى قوة سحرية غامضة. وكان أطباء الإغريق (ربما نقلا أو تعديلا لأفكار الأطباء المصريين القدماء وغيرهم من أطباء حضارة الشرق القديمة) يقسمون أصوات الموسيقى أو الإلحاق من حيث المشاعر التى تولدها إلى أربعة أنواع هى:

١ ـ ألحان تثير البسالة والشجاعة.

٢ ـ ألحان تعبر عن الحزن والأسى.

٣ ـ ألحان تثير الغبطة والسرور.

٤ ـ ألحان تثيرالمهابة والانشراح.

وكان يتم علاج بعض الأمراض بالموسيقى والغناء وفقا لهذا التقسيم للموسيقى، منذ الحضارات القديمة.

وثبت فى عصرنا أن الجسم يتقبل الأصوات شأنها شأن الأحاسيس الأخرى بصوره متباينه، ويتولد عنها ردود أفعال مختلفة فى داخل الجسم وبالدرجة الأولى فى الجهاز العصبى المركزى.

وقد نسب أطباء الإغريق وفلاسفتهم الأصوات التى تثير الغبطة والسرور إلى «إيولا» إله الريح عند الإغريق، الذى كانت قيثارته تولد أعذب الأصوات والألحان من خلال تيارات الهواء عند غروب الشمس وشروقها. ولذا جرى تفضيل الأصوات الطبيعية دائما؛ وهذا هو سبب حب الناس للبيئة الطبيعية فى الحقول والبساتين والغابات.

وبينت الإحصائيات أن العاملين فى الغابات والبساتين وعلى ضفاف الأنهار أو فى البحر يتعرضون بدرجة أقل من أبناء المدن للإصابة بالأمراض العصبية، وأمراض القلب والأوعية الدموية . . إلخ، ذلك أن حفيف أوراق الشجر وأصوات الطيور وتغريدها، وخرير الماء فى الجداول وهدير البحار وأصوات الشلالات . . . إلخ تؤثر بشكل علاجى صحى على الجهاز العصبى ووظائف غدد الإفراز الداخلى.

وعموما فإن الموسيقى التى لها أكبر فعالية من وجهه النظر العلاجية، إنما تحاكى فى أغلب الأحيان أصوات البيئة الطبيعية.

ولا تعرف الأسباب الحقيقية لفعل الألوان وأصوات الموسيقى على صحة الإنسان وعافيته التى أشرنا إليها فى السطور السابقة.

المجال الكهرومغناطيسي للبيئة والساعات البيولوچية:

للبيئة الطبيعية مجال كهرومغناطيسي معين، وقد نشأ الإنسان والحيوان والنبات في هذا المجال وتأثر الجميع به، فله دور فعال في بعض العمليات البيولوچية في خلايا الكائنات الحية.

وهناك من يعزى المشاعر المتميزة التي نحس بها بقدر كبير أو صغير في فصل الربيع إلى المجال الكهرومغناطيسي للبيئة الطبيعية. ففي خلال شهري مارس وأبريل يحدث نشاط معين في المجالات الكهرومغناطيسية والجاذبية للأرض، ترصده الساعات البيولوچية في كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية، ويؤثر ذلك على الأيض (التمثيل الغذائي) المائي في جسم الإنسان، حيث إن هدرچين الماء (يكون الماء حوالي ٧٥٪ من وزن جسم الإنسان تقريبا) يبدأ بسرعة متزايدة في الانتقال إلى البروتين والدهون والكربوهدرات، ويؤثر ذلك على حالة جسم الإنسان ووظائف أعضائه.

وبين العلماء أن تغير المجال الكهرومغناطيسي للبيئة يؤثر تأثيرا سلبيا على الجهاز العصبي للإنسان، حيث ينعكس ذلك في صورة أوجاع وآلام في الظهر والرأس والقلب، والشعور بالتعب والإرهاق، ويقلل الشهية للأكل وعدم استقرارها والشعور بالأرق.. إلى غير ذلك من الأوجاع وأمراض العصر والمدنية.

وتؤثر الأجهزة الكهربائية والميكانيكية واللاسلكية والمواد الصناعية المتنوعة ومواد البناء المستخدمة في تشييد المباني في المدن... إلخ، تأثيرا فعالا في المجال الكهرومغناطيسي في المدن وينعكس ذلك سلبا على الإنسان وصحته. معنى ذلك أن المجال الكهرومغناطيسي في بيئة المدن هو مجال ملوث ويختلف عن المجال الكهرومغناطيسي للبيئة الطبيعية التي نشأ فيها الإنسان والحيوان والنبات على سطح الأرض.

وزاد تنوع المواد من تلوث البيئة:

إن العديد من المواد المستخدمة في حياتنا اليوم هي مواد مصنعة، لم نأخذها من البيئة مباشرة، بل هي من نتائج التقدم العلمي والتكنولوچي، وحتى استخدام

الحجر والمواد الطينيـة أصبح متنوعا ذا نطاق واسع خاصـة مع ظهور المواد المصنعة مثل الطوب بأنواعـه والخرسانة والخـزف والمعادن والسـبائك، والألياف الصناعـية واللدائن وغيرها، وحتى الأغـذية أضيفت إليها عشرات المركبات الكيـميائية الملونة والحافظة. . . إلخ.

وعمل الإنسان منذ قديم الزمان على تعديل خواص كـثير من المواد الطبيعية مثل تلوين الخـشب ودباغة الجلود، وتبييض الأليـاف الصناعية، وصبـاغة الألياف الطبيعية والصناعية والأصواف. . . إلخ. وفى نهاية القرن التاسع عشر ظهر الحرير الصناعى المصنـوع من السليلوز (الخـشب ونفـايات القطن. . . إلخ)، وبدأ إنتـاج المطاط على نطاق واسع، ومعظم هذه المواد يتم الحصول عليها بـالمعالجة الكيميائية أو الفيزيائية لمواد أولية من البيئة الطبيعية.

ولم تكن المواد المستخدمة فى حياة البشر بهذا التنوع فى الماضى، فقد عرفت البشريـة منذ عصور الحجر تسـعة عناصر كيـميائية هى الذهب والنـحاس والحديد والفضة والرصاص والقصـدير والزئبق والكربون والكبريت، وكان يطلق على هذه العناصـر، ما عدا الزئـبق والكربون، اسم الأحجـار السبـعة. هذا بالإضـافة إلى الصوان وبعض المعادن الملونة والثمـينة، والطين والرمل، وملح الطعام (الذى عرفه العرب إبان ازدهار الحـضارة العـربية الإسلامـية فى العصـور الوسطى باسم الملح الحلو. أما السكر فكان يسـمى الملح الهندى)، وملح البارود (نترات البـوتاسيوم)، والخشب وعظام الحيوانات والمواد الغذائية والنبـاتية التى كان يحصل عليها الإنسان من البيئة الطبيعية.

وبتقدم الإنسان ومـرور الزمن زادت المواد المستخدمة فى البيـئة وكانت مواد نباتيـة وحيـوانية فى الغـالب، وفى تلك الأزمنة لم يحطم الإنســان دورات هجرة العناصر الكيميائيـة فى البيئة، وكان الناس عندما يأخذون من البيـئة مواد يعيدونها بشكل نفايات مختلفة فى نفس المكان تقريبا.

وخلال الثلاثـة قرون الأخيرة اكتـشف الإنسان عشرات الفلـزات، وتغيرت صورة البيئة تغيرا جذريا بتقدم الوسائل التكنولوچية فى الإنتاج والاستهلاك وحرق مواد الطاقة من فحم وبترول لتوفير الاحتياجات المتزايدة للبشر.

وتستخدم الآن على نطاق واسع أنواع متعددة من البوليمرات المصنوعة من المواد العضوية البسيطة بعد إضافات كيميائية متنوعة إليها. وتختلف هذه البوليمرات عن قريباتها المركبات العضوية الطبيعية فى كونها تتأكسد ببطئ شديد وبصورة غير تامة (أو بتعبير آخر تتحلل هذه البوليمرات ببطئ شديد وبصورة غير شاملة). ومعنى ذلك أن البوليمرات والعديد من المواد المصنعة تكون نفايات أكثر ثباتا وأكثر تلويثا للبيئة من المواد العضوية البسيطة.

وقديما عندما كانت المنتجات الزراعية تشكل أساس الإنتاج كان يمكن بسهولة جدا أن تتأكسد (تتحلل) النفايات وتدمرها الكائنات الدقيقة مثل البكتريا، وتذوب تلك المواد وتحملهـا المياه الجارية بتركيز أقل. أما فى الوقت الحاضر فإن عناصر التحلل فى البيئة وهى البكتريا وغيرها تكاد تقف عاجزة أمام النفايات الصناعية المسممة بالكيماويات، يمكنها تكسير المبيدات الحشرية وتحويلها إلى مواد بسيطة غير ضارة فى ظروف بيئية معينة، سوف نتناولها بالتفضيل فى الصفحات التالية.

معنى ذلك أن زيادة تنوع المواد الصناعية فى البيئة لا يؤدى فقط إلى زيادة هجرة وتشتت العناصر الكيميائية فى البيئة، بل ويغير من طابعها تغييرا جذريا.

ونأخذ مثالا لذلك النحاس الذى يستخدم الآن على نطاق واسع فى عدد من الصناعات والأغراض، ويوجد النحاس (تبلغ نسبته فى القشرة الأرضية نحو ٠,٠٠٨٪ بالوزن) فى عدد من الأماكن فى العالم أهمها وسط أفريقيا (زامبيا) وجبال الإنديز فى أمريكا الجنوبية (اسم جبال الإنديز فى اللغة الأسبانية يعنى النحاس)، ويستخرج النحاس من مناجمه ويوزع إلى مراكز التصنيع والاستهلاك فى كل بقاع العالم، وبعد زمن يطول أو يقصر يعود هذا النحاس إلى البيئة فى صوره برادة نحاس أو محاليل ومركبات كيميائية... إلخ فى جميع أرجاء الأرض، وليس إلى مناجمه الأصلية الذى أخذ منها قبل ذلك، وهذه صورة من تغيير الإنسان للبيئة الطبيعية على مر القرون.

ويرى كثير من المهتمين بشئون البيئة أن الإنسان فى تغييره للخواص الكيميائية والفيزيائية للبيئة قد بلغ الخط الأحمر أو كاد، ذلك الخط الذى لا ينبغى تجاوزه.

وقد اكتسبت هذه المشكلة فى الآونة الأخيرة طابعا عالميا، وأهمية دولية، إذ أن التلوث لايقتصر على منطقة دون غيرها. فالتلوث المنتشر فى سواحل أمريكا وأوروبا يتراكم فى بعض مناطق المحيط الأطلنطى مثل بحر بارنتسوف، حيث تمارس الصيد فيه بلدان عديدة.

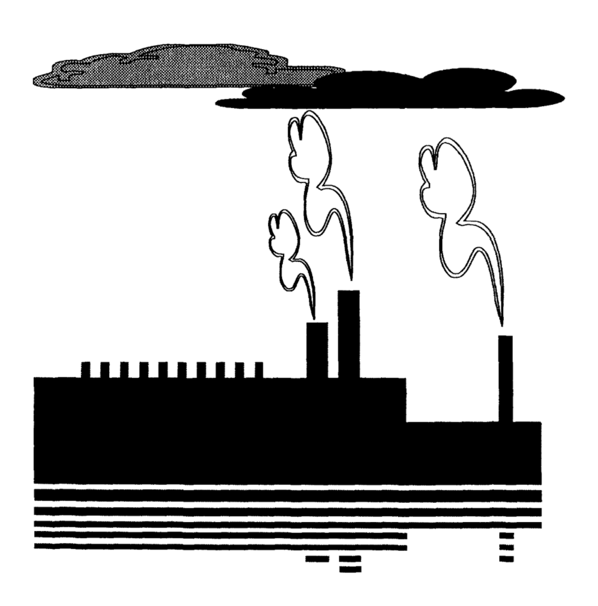
والغازات السامة التى تنفثها المصانع فى الجو فى دول شمال غرب أوروبا وغيرها تنتقل مع تيارات الهواء إلى مناطق أخرى فى شمال وشمال شرق أوروبا، وتلوث الهواء وقد تسقط فى صورة أمطار حمضية تلوث التربة الزراعية والبحيرات، والمشاكل الفنية لمنع التلوث ذات نمط واحد فى جميع البلدان.

وقد اهتمت كل الدول تقريبا بمشكلة تلوث البيئة، ويتجلى ذلك فى التطور السريع الذى طرأ على نشاط العديد من المنظمات الدولية المعنية بتلوث البيئة، وزاد التعاون بين الدول فى هذا المجال. وتسرى فى الوقت الحاضر مفعول أكثر من ١٤٠ معاهدة واتفاقية دولية. وعقد فى الآونة الأخيرة ٥٠٠ مؤتمر دولى لحماية صحة البيئة، بعضها برعاية برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة.

■●●●■

الفصل الرابع

تلوث الهواء



يعد تلوث الهواء من أخطر المشكلات التى يواجهها الإنسان فى العصر الحاضر، وخاصة فى المدن والمناطق الصناعية والعواصم المزدحمة. . . إلخ.

ويقصد بتلوث الهواء أية تغيرات يحدثها النشاط الإنسانى بصورة مباشرة أو غير مباشرة، فى الصفات الكيميائية أو الفيزيائية، أو الاثنين معا، والتى من شأنها أن تضر بصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

وتلوث الهواء ليس مشكلة عصرية طارئة، وإن كانت قد وصلت إلى مستوى خطير فى ذلك العصر، فقد تعرض الهواء للتلوث منذ أزمان بعيدة، فتلوث الهواء ظاهرة قديمة.

فالدخان المتصاعد من الحرائق والمواقد، والروائح المتصاعدة من الفضلات المنزلية فى أماكن تجمع الإنسان، هذا بالإضافة إلى الغازات المتصاعدة من فوهات البراكين الثائرة أو من النافثات البركانية. كل ذلك كان يضاف إلى الهواء الجوى ويسبب بعض التلوث وإن كان فى الغالب بصورة محلية محدودة، وليست بصورة عالمية كما هو حادث الآن.

وقد يجد الباحث فى تاريخ الحضارات إشارات تدل على تلوث الهواء هنا أو هناك، وما يصاحبه من انتشار الأوبئة الفتاكة التى كانت تجتاح البشرية من وقت لآخر فى كل عصورها.

وأقدم ذكر للأوبئة فى التاريخ، وانتقال الأمراض الوبائية بواسطة الهواء، قد جاء فى بردية إدوين سميث الطبية الفرعونية والتى دونت فى حوالى عام ١٦٠٠ قبل الميلاد. وهى مثل غيرها من البرديات (القراطيس) الطبية الفرعونية، قد نقلت من كتب طبية أقدم منها تعود إلى الألف الثالثة قبل الميلاد (وهو عصر بناة الأهرام ـ أعظم عصور الفراعنة وأزهاها). وفى هذه البردية العديد من الرقى لطرد الهواء الموبوء[١٣].

وأخذ الإغريق الطب الفرعونى، كما أخذوا غيره من العلوم وعناصر الحضارة الفرعونية، وحضارة حوض الرافدين والهند والصين، فالطب الإغريقى لم ينبت فى بلاد الإغريق كما اعتقد الناس أولا، كما يقول مؤرخ العلم والحضارة الطبيب الفرنسى المشهور جوستاف لوبون[١٤]، فأغلب الطب الإغريقى مأخوذ من قدماء المصريين، ومن ذلك مثلا ما ذكره أحد فلاسفة الإغريق وهو أكرون الأجريجنتى Acron of Agrigentum (الذى عاش فى القرن الخامس قبل الميلاد) فى مكافحة الأوبئة، حيث أشار بإضرام النار لتنقية الهواء عندما اجتاح الطاعون أثينا، وهى إشارة إلى انتقال الوباء بالهواء كما اعتقد أطباء الفراعنة قبل ذلك.

وقد تغيرت صورة التلوث التقليدى للهواء منذ القرن الماضى، وخاصة فى الدول الصناعية وذلك بعد أن تم تنظيم الصرف الصحى ومعالجة الفضلات، وتغير أسلوب التدفئة والطهى وانخفض التلوث التقليدى بالدخان والروائح المتصاعدة من الفضلات المنزلية فى مواقع تجمع الإنسان، وحل محلها تلوث أكثر خطورة ناتج عن الآلات والسيارات والمصانع.

أى أن التلوث، «الحديث» للبيئة هو أحد النواتج السلبية للتطور الصناعى والاستخدام المفرط فى مواد الطاقة الصلبة والسائلة والغازية (الفحم والبترول والغازات الطبيعية على التوالى).

الهواء وتلوث الهواء:

الهواء عبارة عن مخلوط ميكانيكى من عدد من الغازات ويتركز نحو ٩٥٪ من وزن الهواء الجوى فى العشرين كيلو مترا التى تعلو سطح الأرض، وبعد هذا الارتفاع ينخفض تركيز الهواء الجوى حتى يتداخل مع الفضاء الخارجى المحيط بالأرض، والذى يبعد بضع مئات من الكيلو مترات فوق سطح الأرض.

ويتكون الهواء الجاف النقى من ٧٨ ٪ نتروچين، ٢٠,٩٪ أكسچين، ٠,٩٤٪ أرجون، ٠,٠٣٪ ثانى أكسيد كربون، بالإضافة إلى عدد من الغازات الأخرى كما هو موضح بالجدول (٢).

جدول (٢)
تركيب الهواء الجوى الجاف فى الأجزاء السفلى من طبقة التروبوسفير

العنصر الكيميائى أو أكسيده	النسبة المئوية (بالحجم)	الوزن الكلى (بالمليون طن)
أولا ـ المكونات الرئيسية:		
النتروچين	٧٨,٠٩ ٪	٣,٨٥٠٠٠٠٠٠٠٠
الأكسچين	٢٠,٩٤ ٪	١١٨٠٠٠٠٠٠٠
الأرجون	٠,٩٣ ٪	٦٥٠٠٠٠٠٠
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣٢ ٪	٢٥٠٠٠٠٠
ثانيا ـ الغازات الضئيلة:		
الهليوم	٥,٢ جزء فى المليون	٣٧٠٠
النيون	١,٨ جزء فى المليون	٦٤٠٠٠
الكريتون	١,١ جزء فى المليون	١٥٠٠٠
الزينون	٠٩, جزء فى المليون	٠
الهدروچين	٥, جزء فى المليون	١٨٠
أكسيد النتروز	٢٥, جزء فى المليون	١٩٠٠
ثالثا ـ الغازات النشطة كيميائيا:		
أول أكسيد الكربون	١, جزء فى المليون	٥٠٠
الميثان	١,٣ جزء فى المليون	٣٧٠٠
هدروكربونات أخرى غير الميثان	٠٢, جزء فى المليون	
أكسيد النتريك	٢, ـ ٠٠٢, جزء فى المليون	
ثانى أكسيد النتروچين	٥, ـ ٠٠٤, جزء فى المليون	٨
الأمونيا	٦, ـ ٠٠٢, جزء فى المليون	
ثانى أكسيد الكبريت	٠٣, ـ ٠٠١٢, جزء فى المليون	١١
الأوزون	صفر ـ ٠٥, جزء فى المليون	٢٠٠

وتظل هذه النسبة فى مكونات الهواء ثابتة إلى ارتفـاع عشرات الكيلو مترات فوق سطح الأرض. .

ويحتوى الغلاف الجوى أحـيانا وفى بعض المناطق على بعض المواد العضوية والغازات الصناعية. . وبعض غازات الغلاف الجوى كالأكسجين والنتروچين وثانى أكسيـد الكربون تدخل فى دورات خاصة حيث تسـتخدمها النبـاتات والحيوانات، ويعود جزء منها ثانية إلى الهواء أو الماء أو تظل فى الصخور. فالكربون فى الفحم قد اشتق من الهواء بواسطة النباتات.

ويكون بخار المـاء حوالى ٣٪ من حجم الغـلاف الجوى وتتـركز أغلب هذه النسبة عند الارتفاع الأقل من ٦٠٠٠ متر، ويتـراوح نسبته عادة من صفر إلى ٤٪ حسب ظروف ومناخ المنطقة.

ولبخار الماء أهميـة كبيرة، علاوة على أنه مصـدر الأمطار، فإنه يمتص قدرا كبيرا من الإشعاعات الشمسية.

أمـا المواد العـالقة فـى الهواء فـتـشـمل قطيرات المـاء، وبلورات الثلج فى السـحب، وبلورات الأملاح من رذاذ مـياه المحـيطات والبحـار، وتشمل كـذلك الدخان والسناج Soot، وحبوب اللقاح والبكتريا والتراب البركانى والنيزكى والتى تكون عادة فى غاية الدقة بحيث لا ترى إلا تحت المجهر.

ولمعظم المواد العالقـة فى الهواء قابليـة امتصـاص الماء من الهواء مكونة من أمطارا، حيث تكون لهـا مثل نوى أو مراكـز يتكاثف حولهـا بخار الماء فى مناطق السحب.

ولا تتفاعل مكونات الهواء الرئيسيـة (النتروچين والأكسچين والأرجون) مع بعضها البعض فى الظروف العادية.

كذلك لايتـفاعل الهليـوم والنيون والكربتون والزينـون والهدوچين وأكسـيد النتروز مع بعضها البعض أو مع الأكسچين أو النتروچين.

وتعد الغازات النشطة كيميائيا هى التى توجد بوفرة نسبية فى أجواء المدن وهى:

- ثانى أكسيد الكبريت.
- أكاسيد النتروجين (NO, NO_2)
- أول أكسيد الكربون.
- بقية الهدروكربونات غير الميثان.
- الهالوچينات ومركباتها.

وتعد الهالوچينات (الكلور والفلور) ومشتقاتها الحمضية وهى حمض الهدروكلوريك وحمض الهدوروفلوريك ملوثات محلية إلى حد ما وليست على نطاق واسع. وتوجد هذه الملوثات عادة فى أجواء المناطق البركانية النشطة كما هو الحال فى وادى العشرة آلاف مدخنة فى ألاسكا بأمريكا الشمالية، ويقدر ما ينطلق سنويا من حمض الهدروكلوريك من نافثات العشرة آلاف مدخنة بأكثر من ١٢٥٠٠٠٠ طن، ومن حمض الهدروفلوريك بأكثر من ٢٠٠٠٠٠ طن.

وظلت تركيزات الغازات النشطة ثابتة فى الهواء الجوى مع الزمن وذلك بسبب توازن عوامل إنتاج وتولد هذه الغازات وعوامل تحلل أو تفكك هذه الغازات. وكذلك الحال بالنسبة للغازات التى تسبب تلوثا خطيرا للهواء الجوى. علما بأن معظم هذه الملوثات تتولد بعمليات طبيعية مثل البراكين أكثر من تولدها بفعل النشاط الإنسانى كما هو موضح بالجدول(٣).

جدول (٣)
الغازات الملوثة للهواء ومصادرها ومقاديرها

الغاز	المصادر الصناعية	المصادر الطبيعية	الكميات المقدرة بالمليون طن	
			مصدر صناعي	مصدر طبيعي
ثانى أكسيد الكبريت SO_2	حرق الفحم والبترول وصهر الخامات.	البراكين	١٤٦	٦ ـ ١٢
كبريتيد الهدروچين H_2S	الصناعات الكيميائية ومعالجة مياه الصرف الصحي	البراكين + النشاط البكتيرى فى البرك	٣	٣٠ ـ ١٠٠
أول أكسيد الكربون CO	عادم السيارات	حرائق الغابات والتفاعل بين الزيوت العطرية الهدروكربونية المتطايرة	٣٠٠	أكثر من ٣٠٠٠
أكاسيد النتروچين NO_X	حرق مواد الطاقة	النشاط البكتيرى فى التربة	٥٠ من NO_2	٦٠ ـ ٢٧٠ طن من NO_2
الأمونيا NH_3	النفايات	تحلل المواد العضوية	٤	١٠٠ ـ ٢٠٠
أكسيد النتروز N_2O	المخصبات النتروچينية	النشاط البكتيرى فى التربة	أكثر من ١٧	١٠٠ ـ ٤٥٠
هدروكربونات	حرق مواد الطاقة	النشاط العضوى للكائنات الحية	٨٨	١٦٠٠ ـ ٣٠٠ (CH_4) ٢٠٠ زيوت طيارة
ثانى أكسيد الكربون	حرق مواد الطاقة	التحلل العضوى ومن ماء المحيطات	١٥٠٠٠	١٥٠٠٠٠

ويبين هذا الجدول أن كميات كبريتيد الهدروچين وأكاسيد النتروچين المتولدة بالعمليات الطبيعية فى البيئة تزيد بمقدار عشرة مرات عن تلك المتولدة بفعل النشاط الإنسانى.

وتزيد كمية الأمونيا المتولدة بالعمليات الطبيعية مائة مرة عن تلك التى تتكون بفعل النشاط الإنسانى.

وقد يتصور البعض أن كمية ثانى أكسيد الكبريت المضافة إلى الغلاف الجوى والناتجة عن النشاط البشرى أكثر من كمية هذا الغاز الناتجة عن العمليات الطبيعية، وهذا التصور غير صحيح، وذلك بسبب أن غاز كبريتيد الهدروچين يتأكسد تلقائيا إلى ثانى أكسيد الكبريت، وحيث إن كمية كبريتيد الهدروچين المضافة إلى الهواء الجوى بالعمليات الطبيعية تزيد كثيرا عن تلك المتولدة بالعمليات الصناعية، ومن ثم فإن قدرا كبيرا من كبريتيد الهدروچين الطبيعى يتأكسد إلى ثانى أكسيد الكبريت، أى أن كمية ثانى أكسيد الكبريت الناتجة عن العمليات الطبيعية تكون أكثر كثيرا من تلك المتولدة بفعل النشاط الإنسانى. معنى ذلك أن العمليات الطبيعية تؤدى إلى تلوث الهواء الجوى أكثر من النشاط الإنسانى.

طبقات الغلاف الجوى:

يقسم الغلاف الجوى حسب التغير فى درجات الحرارة إلى عدد من الطبقات كما يلى:

١ ـ تروبو سفير Troposphere من سطح الأرض ـ ١١ كم.

٢ ـ ستراتوسفير Stratosphere ١١ ـ ٣٢ كم.

٣ ـ كيمو سفير Kemosphere ٣٢ ـ ٨٠ كم.

٤ ـ أيونو سفير Ionosphere ٨٠ ـ ٤٠٠ كم.

٥ ـ ميزوسفير Mesosphere ٤٠٠ ـ ١٠٠٠ كم.

٦ ـ أكسو سفير Exosphere ما زاد على ١٠٠٠ كم.

والطبقة الملاصقة للأرض من الغلاف الجوى هى التروبوسفير، وفيها يتركز حوالى ٧٥ ٪ من وزن الهواء كله.

وتنخفض درجة حرارة الهواء الجوى بالارتفاع وذلك بمعدل ٠,٠٠٤ درجة لكل ١٠٠ متر وذلك فى مناطق خطوط العرض المتوسطة. ويستمر هذا المعدل فى التغير فى درجة الحرارة حتى ارتفاع ١٠ - ١٣ كم. بعد ذلك تثبت درجة الحرارة من - ٥١ إلى - ٦٥ درجة حتى ارتفاع ٣٠ كم، ثم تبدأ بعد ذلك فى الارتفاع تدريجيا حتى تصل إلى ١٠٠ درجة مئوية عند ارتفاع ٥٥كم، ثم تتناقص حتى تصل إلى - ٩٠ درجة مئوية عند ارتفاع ٨٥ كم، ثم تبدأ فى الارتفاع ثانية.

وينتشر التراب وبخار الماء فى الأجزاء السفلى من الهواء الجوى، وتعتمد كمية بخار الماء على درجة الحرارة، فكلما انخفضت درجة الحرارة نقصت كمية بخار الماء فى الهواء الجوى. وعلى ذلك فلا توجد سحب عادية فوق طبقة التروبوسفير، وإذا وجدت تكون بكمية قليلة.

ويعكس الهواء الجوى حوالى ٣٤ ٪ من جملة الطاقة الإشعاعية Radiation والتى تقع على الكرة الأرضية من الشمس، يعكسها إلى الفضاء الخارجى.

وتمتص أبخرة المياه والسحب حوالى ١٩٪ من هذه الطاقة، ولا يصل إلى سطح الأرض من الطاقة الشمسية التى تقع على الأرض إلا نحو ٤٧ ٪.

ولولا وجود بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وغاز الأوزون فى الهواء الجوى لانخفضت درجة حرارة الغلاف الجوى عند سطح الأرض حوالى ٢٢ درجة عن درجة حرارته الحالية، ولأصبح الفرق كبيرا بين درجة حرارة الليل والنهار كما هو الحال على سطح القمر.

ويقوم الهواء بدور أساسى فى حماية الأرض من الإشعاعات الكونية Cosmic rays الخطيرة على حياة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

الدول الصناعية وتلوث البيئة:

تعد الدول الصناعية، وبخاصة فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية الملوث الرئيسى للهواء الجوى حيث تتركز فى هذه الدول أكثر من ٩٠٪ من

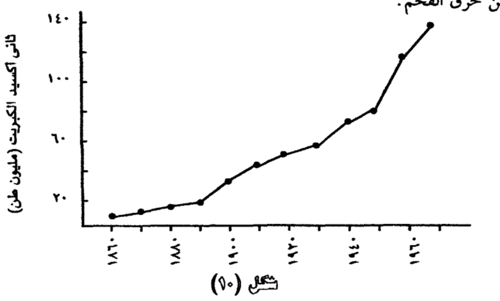
الصناعات العالمية المتقدمة، وتستهلك هذه الدول بمصانعها القدر الأكبر من مواد الطاقة والتى ينتج عن حرقها انطلاق كميات كبيرة من الغازات الملوثة للهواء.

وفى الدول الصناعية أيضا (والتى تقع فيما بين خطى عرض ٣٠ شمالا، ٦٠ درجة شمالا) تزيد الملوثات البشرية (الناتجة عن النشاطات الإنسانية) عن الملوثات الناتجة عن العمليات الطبيعية والتى تضاف إلى الهواء الجوى.

وباستثناء البراكين، فإن انبعاث الملوثات الطبيعية لا تتغير تغييرا كبيرا من عام لآخر فى معظم الأحيان.

أما الملوثات البشرية فإنها تزيد باضطراد بزيادة عدد السكان ونشاطاتهم الصناعية.

ويوضح الشكل (١٠) تزايد كمية ثانى أكسيد الكبريت بفعل النشاط الإنسانى منذ منتصف القرن التاسع عشر. وأغلب ثانى أكسيد الكبريت المتدفق إلى الهواء الجوى وفيه ناتج عن صناعات الدول الغربية المتقدمة صناعيا. ففى عام ١٨٦٠م تدفق إلى الهواء الجوى نحو ٥ ملايين طن من ثانى أكسيد الكبريت ناتجة عن حرق الفحم.



شكل (١٠)

زيادة مضطردة فى كمية غاز ثانى أكسيد الكبريت المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الصناعى الغربى منذ منتصف القرن التاسع عشر (عن ستراوس ومينوراخ ١٩٨٤).

وفى السنوات الأخيرة من هذا القرن (العشرين) زادت كميات ثانى أكسيد الكبريت المضافة (المتدفقة) إلى الهواء الجوى عن ١٩٠ مليون طن، منها نحو ١٠٠ مليون طن تولدت عن حرق الفحم (يحتوى الفحم عادة على ٠,٥ إلى ٤ ٪ كبريت) وخمسين مليون طن من تقطير وحرق البترول والباقى ناتج عن معالجة وصهر معادن وخامات النحاس والرصاص والزنك.

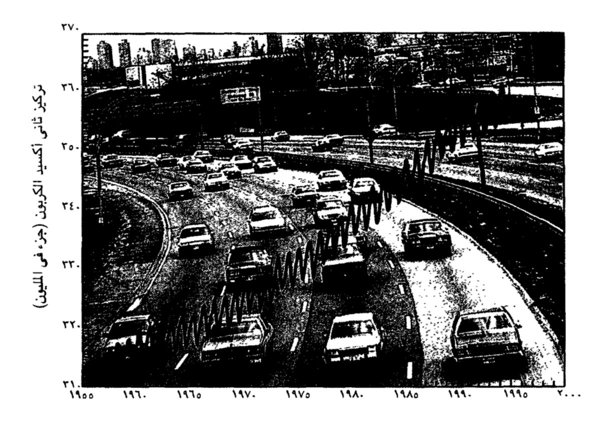
وكما زاد تدفق غاز ثانى أكسيد الكبريت إلى الهواء الجوى بفعل التقدم فى الصناعات، زاد أيضا تدفق الغازات السامة الملوثة للهواء بفعل ذلك التقدم الصناعى.

وعلى المدى البعيد فإن أخطار التلوث لا تقتصر فقط على الغازات النشطة كيميائيا، ولكنها (أخطار التلوث) تأتى أيضا من الغازات الخاملة كيميائيا مثل ثانى أكسيد الكربون، هذا على الرغم من أنه ليس لهذا الغاز نفس الأثر البيولوچى على الأحياء مثل الغازات النشيطة كيميائيا.

ويزداد تدفق ثانى أكسيد الكربون الناتج عن النشاط البشرى عاما بعد آخر، ولهذا الغاز دور فعال فى زيادة درجة حرارة الهواء الجوى وما يصاحبها من آثار جانبية عديدة شكل (١١).

ويزداد تركيز الغازات الخاملة الملوثة للهواء الجوى مع الزمن إذا لم تتوافر عوامل استهلاك وتحلل هذه الغازات فى البيئة كما هو الحال بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون. فقد تمتص مياه البحار والمحيطات كميات كبيرة من هذا الغاز. ولكنها أقل من الكميات المضافة إلى الهواء الجوى، ومن ثم لا يصل تركيز هذا الغاز إلى حالة توازن إلا إذا توقف تدفق هذا الغاز إلى الهواء لبضعة قرون من الزمان، وهذا أمر يصعب تحقيقه فى الوقت الحاضر، ولا ينطبق مثل هذا الأمر على ملوث آخر مثل مركبات الفلورو كلورو كربون مثلا.

ومركبات الفلورو كلورو كربون هى مشتقات هالوچينية لبعض المركبات العضوية (الأليفاتية) ذات الوزن الجزئى الصغير، وأشهرها الفريون ـ ١١ (CF CL_3)، والفريون ـ١٢ (CF_2 CL_2)، ثم الفوران ـ ١١٤ (CF_2 CL - CF_2 CL).



شكل (١١)

تزداد نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى للأرض زيادة مطردة بسبب النشاط الصناعى للدول المتقدمة، ويمتص هذا الغاز حرارة الشمس (الأشعة تحت الحمراء) فترتفع درجة حرارة الهواء الجوى (تذبذب ارتفاع وانخفاض نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الخط البيانى راجع إلى التغير الفصلى فى كمية ثانى أكسيد الكربون التى يمتصها النبات من الهواء الجوى) (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

وأغلب هذه المركبات غازات فى درجات الحرارة العادية وتسيل بسهولة تحت الضغط، ومن ثم فهى تستخدم فى صناعات متعددة أهمها أجهزة التبريد مثل الثلاجات، كما تستعمل كمواد دافعة فى عبوات العطور والمبيدات وغيرها، ويقدر العلماء كمية مركبات الكلورو فلورو كربون التى تضاف إلى الهواء الجوى كل عام بأكثر من مليون طن.

وعلى الرغم من زيادة كمية مركبات الكلورو فلورو كربون التى تضاف إلى الهواء الجوى مع الزمن إلا أن تركيز هذه المركبات لا يزيد كثيرا وذلك بسبب تحلل تلك المركبات فى طبقة الستراتو سفير فى الهواء الجوى وينتج عنها مركبات تتفاعل مع الأوزون. ومن ثم فإنه مع ثبات الكميات المتدفقة إلى الهواء الجوى واستمرار تكسير هذه المركبات فى طبقة الستراتو سفير لا يصل تركيز هذه الغازات فى الغلاف الجوى إلى درجة عالية كما هو الحال مع ثانى أكسيد الكربون.

ويؤثر النشاط الإنسانى فى زيادة كميات بخار الماء والجزيئات Particulates الصلبة فى الهواء الجوى وبخاصة فى المناطق الصناعية.

ويزداد تطاير الجسيمات إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الزراعى والصناعى للإنسان، كما قد تتولد تلك الجسيمات فى الهواء الجوى بسبب التفاعلات بين الغازات فى الهواء الجوى، وتصل كمية الجسيمات المتصاعدة بفعل النشاط البشرى إلى حوالى ١٠ ٪ من مجموع الجسيمات التى تتكون بالعمليات الطبيعية وأكبرها البراكين والنيازك.

وتسبب الجسيمات العالقة فى الهواء الجوى أضرارا بالغة للإنسان إذا استنشقها، فبعض تلك الجسيمات تكون محملة بآثار من العناصر الكيميائية السامة أو المركبات الكيميائية المسرطنة مثل الرصاص والكدميون والزئبق والزنك وغيرها.

وتعمل الجسيمات العالقة فى الهواء الجوى كمراكز ونوى للتفاعلات، كما تساعد على إتمام التفاعلات بين الغازات، وقد تحجب الرؤية وتعيق مرور أشعة الشمس إذا زاد تركيزها فى الهواء.

وتتراوح كمية بخار الماء فى الهواء الجوى من صفر إلى ٤٪ بالوزن، وينطلق قدر كبير من بخار الماء إلى الهواء من بعض الصناعات مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية وقد تسبب إضافة هذا البخار إلى الهواء الجوى فى رفع درجة حرارة الهواء..

وتتصاعد غازات كلوريد الهدروچين وفلوريد الهدروچين من صناعات الأسمدة والألومنيوم وغيرها، كما تنطلق من معظم الصناعات الكيميائية غازات ثانى أكسيد الكبريت، وأول أكسيد النتروچين، وأول أكسيد الكربون والهدروكربونات، وكلها ملوثات خطيرة للهواء الجوى كما أنها ترفع من درجة حرارته بمرور الوقت (شكل ١٢).

وتساهم السيارات بنحو ٥٠٪ من الهدروكربونات وأكاسيد النتروچين التى تضاف إلى الهواء الجوى وتلوثه، وبخاصة فى أجواء المدن المزدحمة بالسكان، وتنفث السيارات أيضا حوالى ٩٠٪ من إجمالى أول أكسيد الكربون المضاف إلى الهواء الجوى.

مصادر تلوث الهواء:

هناك العديد من النشاطات الإنسانية التى ينتج عنها ويصاحبها تلوث الهواء بما ينطلق منها من غازات وأتربة ومواد كيميائية تضر بصحة الهواء والبيئة، وأهم تلك النشاطات هى:

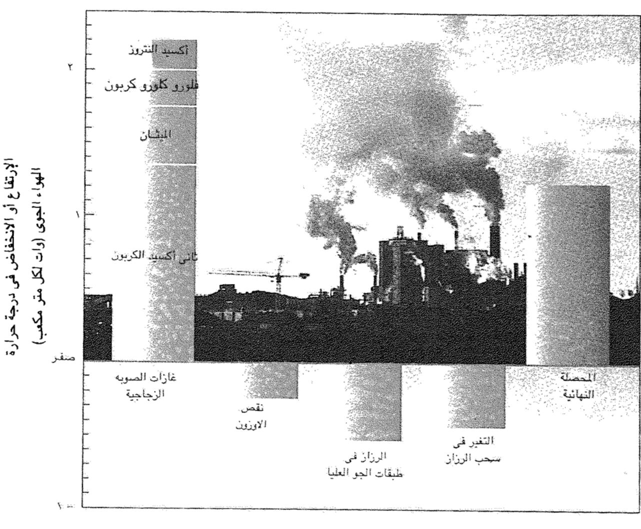
١ ـ تكرير البترول.

٢ ـ صهر الخامات المعدنية غير الحديدية.

٣ ـ صناعة الحديد والصلب.

٤ ـ الصناعات الكيميائية.

٥ ـ حرق الوقود الأحفورى (الفحم والبترول)



شكل (٧٧)

شكل يوضح ارتفاع درجة حرارة الهواء الجوى للأرض بسبب التلوث بالغازات الصناعية، حيث يمتص ثانى أكسيد الكربون والميثان والكلوروفلور كربون (CFC) وأكاسيد النتروچين حرارة الشمس (الأشعة تحت الحمراء) فترتفع درجة حرارة الهواء الجوى، بينما يؤدى نقص غاز الأوزون وزيادة تركيز الدخان وسحب الرذاذ Cloud Aerosols فى طبقات الجو العليا إلى زيادة بياض الغلاف الجوى، ومن ثم يعكس كميات أكبر من أشعة الشمس ويبددها إلى الفضاء الخارجى، ومن ثم تنخفض درجة حرارة الهواء الجوى، والمحصلة النهائية هى زيادة مطردة فى درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

١ . تكرير البترول:

يتكون زيت البترول الخام من مـخلوط من الهدروكربونات السائلة مع بعض الشوائب أهمهـا الكبريت، الذى تتراوح نسبته فى البـترول الخام من ١ إلى ٤,٥٪ أو أكثـر، وذلك حسب مصـدر هذا البترول والصـخور التى تجـمع فيهـا أو انتقل وهاجر خلالها من مواقع تكونه إلى مراكز تجمعه والتى تعرف باسم مصائد البترول والتى توجد عند أعـماق بعيدة قد تصل إلى آلاف الأمـتار تحت سطح الأرض فى الرفوفوف القارية.

ويستخرج البـترول عبر أنابيب تدق إلى مراكز تجمعـه فى الخزانات (مصائد البـترول)، وينقل البـترول عـبـر أنابيب أو شاحنات إلى مـعـامل تكرير البتـرول (المصافى: المفرد مصفاة)، حيث يتعرض البترول الخام لعدد من العمليات الفيزيائية والكيميـائية والتى ينتج عنها العديد مـن المنتجات البترولـيـة مثل المطاط الصناعى، والأليـاف الصناعيـة، والمخصـبات الزراعـية، واللدائن والمسـتحـضرات الدوائـية وغيرها.

والعملية الرئيسية فى تكرير البترول هى التقطير وفيها يتم الحصول على عدد من المشتقـات والتى يستخدم بعضهـا مباشرة، ويدخل البعض الآخـر فى عمليات أخرى.

ويتوقف عدد المشتقات ونسبتهـا فى المعالجة الأولية على طبيعة زيت البترول الخام ومصـدره، بينما تتوقف نسـبة المشتقـات النهائية على طريقة المعـالجة والمواد الكيميائية المضافة.

وتعتبر المشتقات الخفيفة أهم منتجـات عملية التقطير وتستخدم هذه المشتقات كوقـود للسيارات والمركـبات الأخرى.. ويمكن الحـصول على مشـتقات بتـرولية خفيفة من مشـتقات ذات كثافة أعلى (ثقيلة) بعمليات كـيميائية فى درجات حرارة معينة ووجود حوافز خاصة.. أهمها البلاتين.

ويتركز معظم الكـبريت الموجود فى زيت البترول فى المشتقـات الثقيلة وهى الأسفلت، والذى يـستخدم فى تعـبيد الطرق، كمـا يتركز جـزء من الكبريت فى

المشتقات الأخف من الأسفلت والتى تستخدم كوقود، ثم المشتقات التى تستخدم فى الصناعات البتروكيماوية. وإنتاج الديزل والكيروسين وزيوت التنظيف.. إلخ. وتعالج هذه المشتقات لتنقيتها بقدر الإمكان من آثار الكبريت العالقة بها وفيها حتى لا تحدث تآكل للآلات والماكينات التى تستخدم فى إدارتها تلك المشتقات البترولية

ويتخلف عن عملية التقطير بعض المشتقات البترولية والتى تستخدم عادة كوقود فى الغلايات المستخدمة فى عملية تكرير البترول وغيرها من الصناعات المختلفة، وفى توليد بخار الماء اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية وتسيير السفن وغيرها، وهذه المشتقات غنية بالكبريت، ومن ثم فهى ملوثات خطيرة للهواء الجوى. ويمكن تخليص هذه المشتقات من الكبريت من خلال عمليات كيميائية معقدة عالية التكاليف، وهناك عدد قليل من الدول التى تحرص على تخليص هذه المشتقات البترولية من الكبريت حماية لصحة البيئة، وعلى رأسها اليابان.

ويمتاز البترول الخام الخفيف باحتوائه على نسبة عالية من المشتقات الخفيفة والتى تستخدم كوقود للسيارات والطائرات وغيرها، بالإضافة إلى انخفاض محتواه من الكبريت. ومثال ذلك بترول ليبيا ونيجيريا وإندونيسيا وأستراليا وغيرها. ولهذا النوع من البترول سعر مرتفع ويزداد الطلب عليه بالمقارنة مع البترول الثقيل (الذى يحتوى على نسبة عالية من الكبريت).

وهناك أربعة أنواع من المنبعثات البترولية فى الهواء الجوى من خلال عمليات تكرير البترول وهى:

١ - أبخرة الهدروكربونات التى تتطاير من بعض وحدات تكرير البترول بسبب وجود خلل فى تلك الوحدات أو بعض الصمامات غير المحكمة الغلق أو من أحواض التخزين... إلخ.

٢ - المركبات الكيميائية أو غازات الاحتراق المبددة أو المتطايرة من الغلايات والسخانات المستخدمة فى عمليات التكرير، وتحتوى هذه الغازات على ثانى أكسيد الكبريت الناتج عن أكسدة الكبريت فى البترول الخام أثناء معالجته وتكريره.

٣ ـ مركبات الكبريت الغازية وأهمها كبريتيد الهدروچين وثانى أكسيد الكبريت المتطايرة من الوحدات التى تستخدم لإزالة الكبريت من البترول فى أثناء تكريره. وفى كثير من معامل تكرير البترول تعالج هذه الغازات فى وحدات خاصة وبأجهزة معينة لإنتاج الكبريت النقى أو إنتاج حمض الكبريتيك.

٤ ـ الدقائق الناعمة التى تتطاير من أفران استعادة أو استخلاص المواد الحافزة التى تستخدم فى عمليات تكرير البترول.

٢ . صهر الخامات المعدنية غير الحديدية:

يأتى الجزء الأكبر من غاز ثانى أكسيد الكبريت الذى يلوث الهواء، يأتى من أفران تحميص كبريتيدات المعادن غير الحديدية وأهمها معادن النحاس والرصاص والزنك.

وقد تذمرت بالفعل النباتات والغابات القريبة من أفران صهر الخامات فى العديد من الدول الأوروبية منذ بداية هذا القرن (القرن العشرين). بسبب الغازات المتصاعدة من تلك الأفران. وقد نتصور مدى خطورة هذه الغازات إذا عرفنا أن خامات النحاس والرصاص والزنك الكبريتيدية تحتوى عادة على شوائب من معادن الزرنيخ والكادميوم والجاليوم وهى عناصر شديدة السمية، وتتطاير مركباتها الغازية أو الترابية الناعمة وتلوث الهواء والبيئة حول مسابك أو أفران صهر تلك الخامات.

ومعروف أن أولى خطوات استخلاص الفلزات غير الحديدية مس خاماتها هى تحميص تلك الخامات المعدنية فى تيار من الهواء، حيث تتأكسد الكبريتيدات إلى أكاسيد ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت بكميات كبيرة قد تصل إلى ٨٪ من وزن الخامات المحمصة.

ويتم معالجة وصهر الأكاسيد الناتجة بعد ذلك فى مسابك خاصة للحصول على الفلزات.

ويمكن توضيح العمليات الكيميائية التى تتم فى أثناء تحميص الخامات المعدنية بالمعادلات الكيميائية التالية:

$$2ZnS + 3O_2 \longrightarrow 2ZnO + 2SO_2$$

زنك بلند (سفاليريت) — أكسيد الزنك — ثانى أكسيد الكبريت

$$2PbS + 3O_2 \longrightarrow 2PbO + 2SO_2$$

جالينا — أكسيد الرصاص — ثانى أكسيد الكبريت

وفى حالة الرصاص يتم صهر أكسيد الرصاص الناتج فى أفران التحميص، وهى أفران عالية بعد خلطه بالكربون، حيث يتم التفاعل التالى:

$$2PbO + C \longrightarrow 2Pb + CO_2$$

وحيث إن معادن الخامات غير الحديدية لا توجد فى الطبيعة بصورة نقية، بل تحتوى فى معظم الحالات على شوائب معدنية لفلزات عديدة، فإن الفلزات الناتجة تحتوى على عدد من الشوائب الفلزية كالذهب والفضة والحديد والكادميوم والجاليوم والجرمانيوم وغيرها. ومن ثم تخضع تلك الفلزات إلى عمليات كيميائية وتنقية وتكرير.

وفى حالة النحاس حيث يشكل معدن الكلكوبيريت أهم خاماته، فإن أولى خطوات استخلاص النحاس تتم بتحميص هذا المعدن فى تيار من الهواء، حيث يتأكسد النحاس وينتج أكسيد النحاس وغاز ثانى أكسيد الكبريت كما فى المعادلة التالية:

$$CuFeS_2 + O_2 \longrightarrow CuO + FeO + SO_2$$

كلكوبيريت

وقد تصل كمية ثانى أكسيد الكبريت إلى ٨٪ من وزن الخام. ويحتوى المصهور الناتج من الكلكوبيريت على مخلوط من الكبريتيدات وأكاسيد النحاس والحديد بالإضافة إلى بعض الشوائب المعدنية غير المتطايرة. ويتم معالجة هذا المخلوط بطريقة خاصة فى فرن عاكس Reverberatry Furnace بعد خلطه بكميات مناسبة من حجر الجير والرمل (السيليكا) حيث يتحد حجر الجير والسيليكا مع

الحديد والشوائب المعدنية مكونة خبث Slag يطفو فوق سطح مصهور النحاس. ويتم صب النحاس المصهور وتبريده ويعرف حينئذ باسم Copper matte.

ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت بكميات كبيرة (من ١ ـ ٢٪ بالوزن) من الفرن العاكس.

ويتم معالجة قوالب النحاس الناتجة فى أفران خاصة بالحرارة فى تيار من الهواء حيث يتأكسد الحديد والكبريت الموجود فى قوالب النحاس، ثم يضاف الرمل الذى يتحد بعد صهره مع الحديد مكونا خبث. ويتفاعل أكسيد النحاس مع كبريتيد النحاس. ضمن تفاعلات معقدة كثيرة، وينتج فى النهاية النحاس ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت كما فى المعادلتين التاليتين:

$$Cu\ S + O_2 = 2\,Cu + SO_2$$

$$2\,Cu\,O + Cu_2\,S = 4\,Cu + SO_2$$

وتحتوى معظم خامات الفلزات غير الحديدية على نسبة من معدن البيريت، وهو معدن شائع فى معظم البيئات الچيولوچية. والذى يتأكسد عند تحميصه مع الخامات، وينتج عنه أكسيد الحديد وغاز ثانى أكسيد الكبريت.

وإذا لم يستخدم غاز ثانى أكسيد الكبريت فى صناعة حمض الكبريتيك مثلا، فإنه ينطلق إلى الهواء الجوى ويلوثه.

وهناك بعض العقبات فى استغلال غاز ثانى أكسيد الكبريت فى صناعة حمض الكبريتيك وصناعة الأسمدة والمخصبات الزراعية. وهى احتواء غاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد من أفران صهر الخامات المعدنية على شوائب غازية ناتجة عن أكسدة الشوائب المعدنية فى الخامات. ومن هذه الشوائب الغازية ثالث أكسيد الزرنيخ ($As_2\,O_3$) وفلوريد الهدروجين (HF). وتقوم هذه الشوائب الغازية بتعطيل الحوافز الفلزية المستخدمة فى تحويل غاز ثانى أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك. ومع ذلك فإنه يتم تحويل غاز ثانى أكسيد الكبريت المتصاعد من أفران صهر الخامات، فى مناطق كثيرة، إلى حمض الكبريتيك أو الكبريت السائل

(المصهور). ويتم خلط حمض الكبريتيك بالأمونيا لإنتاج سماد كبريتات الأمونيوم (كبريتات النشادر) أو يتم خلطه بمسحوق الفوسفات لإنتاج سماد السوبر فوسفات. وفى هذه الحالة قد تحتوى الأسمدة الناتجة على شوائب كيميائية قد تلوث التربة الزراعية وتنتقل إلى النباتات فالحيوانات فالإنسان. . ، وقد تذوب هذه الشوائب فى مياه الرى والأمطار وتجد طريقها فى نهاية المطاف إلى المياه الجوفية فتلوثها.

وفى مناطق أخرى يترك ثانى أكسيد الكبريت ليتدفق إلى الهواء الجوى عبر مداخن عالية قد يصل ارتفاعها إلى ٢٠٠ متر كما هو الحال فى منطقة جبل عيسى فى كوينزلاند Queensland.

٣. صناعة الحديد والصلب:

يصاحب صناعة الحديد والصلب وينتج عنها تلوث للبيئة بدرجات متفاوتة.

وتبدأ أولى خطوات صناعة الحديد والصلب بمعالجة أكسيد الحديد (مثل الهيماتيت) بالكربون فى الأفران العالية، حيث يتم التفاعل التالى:

$$Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Fe + CO$$

أول أكسيد الكربون حديد زهر   هيماتيت

ويستخدم غاز أول أكسيد الكربون الناتج فى المرحلة السابقة كوقود فى قطاعات أخرى فى صناعة الحديد، مثل أفران إعادة تسخين كتل الحديد قبل تشكيلها. ويكون الحديد الناتج فى هذه المرحلة، ويسمى الحديد الزهر، محتويا على حوالى ٤٪ من وزنه كربونا، بالإضافة إلى شوائب أخرى أهمها المنجنيز والكبريت والفوسفور والسيليكون.

ويعامل الحديد الزهر فى أفران خاصة لتخليصه من الشوائب، حيث يسخن هذا الحديد فى وجود تيار من الأكسجين ليؤكسد الشوائب، وينتج فى هده المرحلة صلب يحتوى على أقل من ١٪ من وزنه كربون، بالإضافة إلى آثار من الشوائب وينطلق فى هذه المرحلة غازات كثيفة مكونه من تراب ناعم جدا من أكسيد الحديد البنى اللون ويستخدم فحم الكوك فى الأفران العالية، ويتم الحصول على فحم

الكوك بمعالجة الفحم فى معوجات خاصة فى درجات حرارة تتراوح من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ درجة مئوية. وتتطاير أثناء ذلك غازات قابلة للاشتعال (أهمها الهدروچين والميثان وأول أكسيد الكربون)، بالإضافة إلى القطران.

وتستخدم هذه الغازات فى تسخين المعوجات أو للاستخدام المنزلى.

وكثيرا ما يصاحب تحويل الفحم إلى كوك تطاير تراب الفحم والذى يلوث البيئه إذا ما انطلق فيها. هذا بالإضافة إلى أن الفحم المسخن يطش Puenched فى الماء مما يؤدى إلى تكون كمية كبيرة من بخار الماء المحمل بتراب الفحم وبعض المركبات الكيميائية العضوية والتى تلوث الهواء إذا ما وجدت طريقها إليه.

مسابك الفلزات:

المسابك هى مصانع صغيرة توجد عادة فى الأحياء القديمة فى بعض المدن. وفيها يصهر الحديد الزهر ومخلفات الفلزات ويصب المصهور بطرق بدائية ـ فى قوالب ذات أشكال وأحجام متعددة حسب الطلب.

وتعد المسابك ملوثات خطيرة للبيئة وللهواء بصفة خاصة بسبب ما تقدمه تلك المسابك من أتربة وغازات سامة فى الهواء الجوى.

وللمسابك روائح مميزة منفرة بسبب حرق المواد الراتنجية التى تستعمل فى تثبيت قوالب الصب الرملية. وتتكون هذه المواد الراتنجية اللاحمة من القطران وزيت بذور الكتان والكيروسين، ثم تجفف هذه القوالب فى أفران خاصة ويتصاعد منها عندئذ رائحة حامضية مميزة.

٤ . الصناعات الكيماوية:

تشمل الصناعات الكيماوية مجالات عديدة من صناعة الأسمدة الكيميائية والأصباغ والبويات وصناعة الغزل والنسيج وصناعة الدائن والمطاط والخيوط الصناعية وغيرها.

وإذا لم تراع الاحتياطات الواجبة فإن الصناعات الكيميائيه تسبب تلوثا خطيرا للبيئة بصفة عامة، وللهواء بصفة خاصة. بما يتولد عنها من غازات

ومركبات كيميائية سامة وروائح كريهة. . . إلخ والتى تجد طريقها إلى الهواء وتلوثه.

٥. صناعة حمض الكبريتيك:

يستخدم الكبريت النقى أو معدن البيريت (FeS_2) فى صناعة حمض الكبريتيك. وتبدأ أولى خطوات هذه العملية بتحميص البيريت فى الهواء أو بحرق الكبريت النقى حتى يتكون ثانى اكسيد الكبريت:

$$4\,FeS_2 + 11\,O_2 \longrightarrow 2\,Fe_2O_3 + 8\,SO_2$$

ثانى أكسيد الكبريت   أكسيد الحديد   بيريت

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

ويتم إمرار هذا الغاز، الذى تتراوح نسبته فى الهواء من ٨ ـ ١٤٪ من حجم الهواء، فوق مادة مؤكسدة (حافز) فى درجة حرارة قدرها ٤٥٠ درجة مئوية، فيتكون ثالث أكسيد الكبريت

$$2\,SO_2 \rightleftharpoons 2\,SO_3$$

ويتم امتصاص ثالث اكسيد الكبريت فى حامض كبريتيك مخفف فيتم التفاعل التالى:

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

ولا يتأكسد كل ثانى أكسيد الكبريت دفعة واحدة، حتى فى وجود الحافز الكيميائى، ولكن يتم ذلك فى مراحل. ورغم ذلك لا يتأكسد إلا حوالى ٩٦ ـ ٩٨٪ من ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت وينطلق الباقى إلى الهواء الجوى.

وفى المصانع الأكثر تقدما تزيد نسبة ثانى أكسيد الكبريت التى تتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت لتصل إلى حوالى ٩٩,٦٪ ومن ثم تقل كمية ثانى أكسيد الكبريت التى تنطلق إلى الهواء الجوى وتلوثه.

صناعه المخصبات الزراعية:

يستخدم حمض الكبريتيك فى صناعة سماد السوبر فوسفات، حيث يضاف هذا الحمض إلى مسحوق الفوسفات فى أوعية خاصة، ويتم التفاعل بين حمض الكبريتيك وخام الفوسفات ويتصاعد بعض نواتج التفاعل وأهمها فلوريد الهدروچين وحمض الفلورو سيليسيليك وغيرها وهى ملوثات خطيرة للهواء الجوى.

الصناعات البتروكيميائية:

تضم صناعه البتروكيماويات آلاف العمليات المختلفة. وتعد هذه الصناعة من أكثر الصناعات الكيميائية تنوعا.

والمواد الداخلة فى هذه الصناعة والناتجة عنها هى مواد كربوهدراتية، حيث تتفاعل هذه المواد تحت ظروف مختلفة من الضغط ودرجات الحرارة ووجود حوافز كيميائية لينتج عن تلك التفاعلات مواد جديدة.

ويصاحب هذه العمليات عادة تسرب بعض المركبات الكيميائية الغازية التى تنطلق فى الهواء وتلوثه.

المعادن اللافلزية:

تستخدم بعض الخامات والمعادن اللافلزية فى الصناعات المتعددة، مثل حجر الجير فى صناعة الأسمنت والصلصال فى الحراريات والسيراميك، والاسبستوس والرمل فى صناعة الزجاج والأسمنت، ومجروش الصخور فى تعبيد الطرق... إلخ.

وتستخرج أغلب هذه المواد المعدنية من مناجم سطحية أو مفتوحة، ما عدا الفحم، ويتم اقتطاع تلك المواد بواسطة التفجير، ثم يتم طحنها فى مطاحن خاصة وتنقل بعد ذلك إلى مواقع الاستهلاك

وتتم صناعة الأسمنت بحرق حجر الجير والطفلة فى أفران خاصة، وهى عبارة عن أسطوانات يتراوح طول الأسطوانة من ١٨٥ إلى ٣٢٠ مترا ويتراوح

قطرها من ٥ إلى ٧ أمتار. ويتم فى أثناء الحرق التدريجى (من ٣٠٠ إلى ١٤٥٠م) تحلل المواد العضوية وتطايرها. ثم نزع وإزالة الماء من الطفلة، ثم تفكك حجر الجير (كربونات الكالسيوم) إلى أكسيد الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون، ثم تفاعل اكسيد الكالسيوم مع أكاسيد السيليكون والألومنيوم والحديد. ثم يبرد المخلوط الناتج ويطحن ويضاف إليه من ٣ إلى ٥٪ جبس (كبريتات كالسيوم) وذلك للتحكم فى عملية تصلب الأسمنت.

وفى جميع مراحل الصناعات التى تستخدم فيها المواد المعدنية اللافلزية السالفة الذكر، من تفجير واقتلاع من المناجم والمجاحر، ثم شحن ونقل الخامات وطحنها... إلخ فإن كميات هائلة من الأتربة والغازات تتصاعد منها فى الهواء الجوى، وتحتوى تلك الأتربة على السيليكا وأحيانا تراب الأسبستوس، وتدخل تلك الأتربة فى رئات العاملين فى تلك الصناعات والقاطنين بالقرب منها (مثل حلوان والمعادى فى القاهرة) وتسبب لهم العديد من المتاعب الصحية والأمراض الخطيره أحيانا، مثل سل النحاتين أو الوقاصين(*) Silicosis ، ومرض الصفرى Asbestosis.

صناعة الورق:

يتكون الورق من طبقات رقيقة من السيليلوز المضغوطة، ويتم الحصول على تلك الألياف من الأخشاب وتبدأ هذه العمليات بتقطيع الأخشاب إلى شرائح ثم تعالج بالمواد الكيميائية لتحرير وتفكيك الألياف ثم طبخ شرائح الأخشاب فى أوان من الصلب تحت ضغط مرتفع فى وجود محاليل قلوية من هدروكسيد الصوديوم وكبريتيد الصوديوم وغيرها. وتذيب هذه المواد الكيميائية الراتنجات (اللجنين Lig-nin) التى تربط ألياف السيليلوز مع بعضها البعض فى الخشب، ويتكون بذلك سائل أسود يحتوى على كميات ضئيلة من كبريتيد الهدروچين ومركبات كبريتيدية عضوية عديدة أخرى لها رائحة نفاذة قوية جدا.

(*) الوقاص هو قاطع الأحجار فى لغة أهل اليمن.

ويتم استخلاص المذيبات الكيميائية من السائل المتبقى الأسود بتجفيف ذلك السائل وحرق المواد الصلبة المتبقية فى أفران خاصة، حيث يتكون رماد يحتوى على كبريتيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. ويتم الحصول على هدروكسيد الصوديوم بمعالجة تلك المواد بالجير المحروق (هدروكسيد الكالسيوم) ثم يجفف المحلول بعد ذلك، حيث يتطاير فى أثناء التجميف أبخرة تحتوى على العديد من المركبات العضوية أهمها:

- كبريتيد الهدروچين
- Methyl mercaptan CH_3HS
- Dimethyl mercaptan $(CH_3)_2S$
- Dimethyl disulphide $(CH_3)_2S_2$

وهى غازات ذات روائح كريهة نفاذة، وهى مميزة لصناعة الورق.

تجفيف البويات:

تتكون البويات من مواد عضوية. وعند استخدامها فى الأغراض المختلفة فإنها تترك لتجف، وتتطاير منها فى أثناء ذلك المذيبات العضوية والتى تضاف إلى الهواء الجوى وتسبب تلوثا واسع النطاق للإنسان والحيوان، كما تساهم هذه المواد العضوية فى حدوث تفاعلات كيميائية بين مكونات الهواء الجوى وملوثاته، فى ضوء الشمس معطية مركبات كيميائية جديدة تسبب ما يعرف باسم شبورة الدخان Smog (اشتق الاسم الإنجليزى لشبورة الدخان وهو Smog من كلمتى Smoke بمعنى دخان، ثم Fog وهو الضباب)

وشبورة الدخان هى إحدى الملوثات الصناعية للهواء الجوى فى كثير من المدن الصناعية وغيرها والتى سنتناولها بالتفصيل فيما بعد

ولذا تحرص بعض الدول على استخدام بويات تدخل فى صناعتها مذيبات عضوية قليلة النشاط الكيميائى كما يتم طلاء المعادن وأجسام السيارات وغيرها بالبويات (دوكو) فى أفران خاصة يتم فيها امتصاص المذيبات العضوية وزذاذ البويات بطرق خاص حتى لا تتسرب إلى الهواء الجوى وتلوثه.

الصناعات الغذائية:

يصاحب تصنيع المواد الغذائية انطلاق مركبات كيميائية متنوعة لها آثار ملوثة للبيئة، وبخاصة فى حالة الصناعات الكبيرة. ومعظم الغازات المتصاعدة من عمليات الصناعات الغذائية لها روائح غير مقبولة. ويصاحب إعادة تصنيع النفايات العضوية لاستخلاص مواد جديدة منها، يصاحبها تصاعد غازات تلوث الهواء الجوى كما هو الحال فى أثناء طبخ المواد العضوية ذات المحتوى العالى من البروتينات لأغراض صناعية كما فى صناعة اللحوم والمعلبات الغذائية. والتى تنطلق منها غازات الأمونيا والمثيل أمين، والإيثيل أمين وغيرها وكذلك الدهون. وتستخدم المشتقات الغنية بالبروتين فى تغذيه الدواجن، وتستخدم الدهون الصالحة للأكل (والتى يتم الحصول عليها كناتج جانبى فى صناعة اللحوم) فى صناعة البسكويت وغيرها. أما الدهون غير الصالحة للاستخدام الآدمى فإنها تستخدم فى صناعة الصابون. وتتصاعد خلال هذه العمليات الأمونيا والعديد من الغازات المحتوية على مركبات الكبريت العضوية وغيرها ولها روائح مقذذة وتسبب الغثيان.

حرق القمامة:

يتم التخلص من القمامة عادة بحرقها فى أطراف المدن أو القرى. وهى وسيله شائعة للأسف الشديد إذ يسبب حرق القمامة تولد غازات ومركبات كيميائية تسبب تلوثا خطيرا للبيئة ،خاصة عندما تتم هذه العملية على نطاق واسع. ومثال ذلك حرق إطارات السيارات القديمة وحرق الكابلات القديمة لغرض استخلاص أسلاك النحاس منها. وحرق المخلفات الزراعية فى الحقول. . . إلخ وفى جميع هذه الحالات تتصاعد غازات ذات روائح كريهة وتسبب تلوثا خطيرا للهواء الجوى.

وقد منعت دول كثيرة حرق القمامة فى الهواء الطلق، وتستخدم فى هذه الدول أفران أو محارق خاصة، بحيث لا تسبب تلوثا للهواء. وإذا تعذر ذلك تجمع القمامة فى أماكن بعيدة عن العمران ثم تدفن فى حفر خاصة أو فى المحاجر والمناجم المهجورة ثم يهال عليها التراب، ثم تستخدم تلك المواقع بعد ذلك لأغراض خاصة مثل إقامة جراچات السيارات أو ملاعب. . . إلخ ولا تصلح تلك

المواقع لإقامة مبانى أو منشآت عمرانية عليها ما لم تتخذ تدابير خاصة فى إقامة تلك المنشآت.

الجدير بالذكر أن القمامة المستخدمة فى ردم البرك والمنخفضات تسبب تلوثا خطيرا للمياه الجوفية وذلك بسبب تسرب مياه الأمطار إلى تلك القمامة وتذيب بعضا من مكوناتها وتحملها معها فى رحلتها والتى تنتهى إلى خزانات المياه الجوفية وتلوثها.

والأسلوب المناسب للتخلص من القمامة هو محاوله استخدام مكوناتها بعد فرزها فى أغراض مناسبة، فالورق مثلا يعاد عجنه واستخدام العجينة فى صناعة أوراق خاصة مثل الكرتون، والمخلفات الزجاجية والمعدنية يعاد تصنيعها ويمكن تحويل المواد العضوية القابلة للتعفن إلى سماد عضوى وهكذا.

حرق الفحم والبترول والغازات الطبيعية:

يعد حرق الوقود الأحفورى من أكبر العمليات الملوثة للهواء الجوى. والهدف الرئيسى من حرق تلك المواد هو الحصول على الطاقة الحرارية والضوء سواء بطريقة مباشرة، أو غير مباشرة كما هو الحال فى محطات توليد الطاقة الكهربائية بواسطة بخار الماء الذى يستخدم فى تشغيل توربينات توليد الكهرباء.

ولعهد قريب كان الخشب هو مادة الوقود الرئيسية، وحتى اليوم لا يزال الخشب يحتفظ بمكانته كمادة وقود رئيسية فى أماكن كثيرة فى العالم. وينبعث من جراء حرق الخشب غاز أول أكسيد الكربون السام. وبعض الهدروكربونات والأمونيا وأكاسيد النتروجين، بالإضافة إلى ثانى أكسيد الكربون، ولا يشكل أى من هذه المركبات، باستثناء أول أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الخشب تلوثا خطيرا للهواء الجوى كما هو حادث الآن.

وقد حل الفحم محل الخشب كمصدر للطاقة مع بداية عصر البخار، ولايزال الفحم يشكل مصدر الطاقة الحرارية اللازمة لمعظم محطات توليد الطاقة الكهربائية. وهناك مخزون عالمى من الفحم يكفى احتياجات العالم مئات السنين المقبلة.

ومن عيوب الفحم بالمقارنة مع البترول والغـاز الطبيعي هو انخفاض محتواه من الطاقـة الحرارية بالنسـبة لوحـدة الكتلة، كمـا أن استـخراج الفـحم من باطن الأرض يصاحبه تلوث البيئة بتـراب الفحم. هذا بالإضافة إلى الرماد المتخلف عنه بعد حرقه وكذلك الغازات والسناج الناتج عن الحرق وكلها ملوثات للبيئة.

وهناك أنواع مختلفة من الفـحم بعضها منخفض الرتبة ويحـتوى على نسبة عالية من المواد المتـطايرة ومثال ذلك الخث Peat والفـحم البنى أو اللجنيتlignite ثم الفـحـم القطرانى Bituminous coal والذى يحـتوى على قـدر قليل من المواد المتطايرة.

وأحسن أنواع الفحـم هو الأنثراسيت Anthracite والذى يحتوى على قدر ضئيل مـن المواد المتطايرة والرطوبة ونسبه عاليـة من الكربون. ويتميز الانـثراسيت بقيمة حرارية عالية بالمقارنة مع اللجنيت والخث.

ويتكون الفـحم من الكربـون والهدروچـين، بالإضـافة إلى الأكـسـچـين والفوسفور والنتروچين وبعض الشوائب المعدنية أهمها الكبريت والفوسفور وأحيانا اليورانيوم.

اليورانيوم فى الفحم:

تحتوى بعض راقات الفحم على تركيزات عـالية أحيانا من اليورانيوم كما فى دول أوروبا وآسيا وأمريكا.

وتمتاز رواسب الفحم الحاملة لليورانيوم بأنهـا منخفضة الرتبة، وأنها من نوع الفحم البنى أو الـلجنيت أو النصف قطرانى، ويندر وجود اليـورانيوم فى رواسب الفحم عالية التحول القديم. كما توجد معادن اليورانيوم فى حقول الفحم الصغيرة والمتوسطة اكثر من تواجدها فى حقول الفحم العملاقة.

وتتراوح نسـبة اليورانيوم فـى بعض أنواع الفحم من ٠,٠٠١ إلى ٠,٠٥٪ بالوزن، ويصـاحبـه عاده معـادن المولبدنـيوم والفانـاديوم والجرمـانيوم والجالـيوم والعناصر الأرضية النادرة.

وربما ترسب اليورانيـوم فى الفحم بعمليـات چيولوچية لاحقـة من المحاليل المائية السـارية تحت سطح الأرض أو أن اليورانيـوم كان موجودا فـى النباتات التى تكون منها الفحم بعد ذلك.

واستخـدام هذا النوع من الفحم (الفحم اليـورانيومى) كمادة للوقـود يسبب تلوثا إشعاعيا خطيرا للبيئة، هـذا بالإضافة إلى أكاسيد الكربون (أول وثانى أكسيد الكربون) وأكاسـيد النتروچين والكبـريت والفوسفـور والعناصر الثقـيلة الأخرى، بالإضافة إلى الرماد والسناج الذى يتطاير فى الهواء الجوى ويلوثه.

ويؤدى حرق الفـحم، علاوة على الأخطار السـابقة، إلى أكسـدة نتروچين الهواء الجوى (فى اللهب) وتكون أكسيد النتريك.

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2\,NO$$

ويتحـد أكسيد النتـريك بالأكسچيـن فى الهواء الجوى ويتكون ثانى اكسـيد النتروچين (NO_2)

ويتأكسد الكبريت فى الفحم أثناء حرقـه معطيا ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) ويتأكسد حوالى ١ ـ ٣ ٪ من ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث اكسيد الكبريت

$$2\,SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$$

ويذوب ثالث اكسيـد الكبريت فى بخار الماء ليعطى حمضـا قويا هو حمض الكبريتـيك والذى يظل معلقا فى الهـواء الجوى على هيئـة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر. وقـد يتحد جزء من رذاذ حـمض الكبريتيك مع بعض المركـبات القلوية فى الهواء الجوث مثل النشادر، وينتج عن ذلك تكون كبريتات النشادر

وعندما يكون الجو صافيا ولا توجـد فرصة لسقوط الأمطار فإن رذاذ حمض الكبريتيك ودقائق كبريتات النشادر يبقيان مع غيرهما من الدقائق والغازات معلقين فى الهواء الجـوى الساكن ويظهران على هيئـة شبورة دخان . كـما تساعد أشـعه الشمس على إتمام تفاعلات معقدة بين تلك المـركبات بعضها مع بعض وينتج عنها تكون غازات ومركبات كيميائية تزيد من كثافة الشبورة الدخانية هذه

وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط أمطار فإن رذاذ حمض الكبريتيك وغيره من المركبات الكيميائية تذوب فى مياه الأمطار وتكسبها طعما حامضيا لاذعا وتعرف حينئذ بالأمطار الحمضية.

أجهزة الاحتراق الداخلى:

يتوقف تلوث الهواء الجوى بسبب حرق البترول فى أجهزة الاحتراق الداخلى فى الآلات والمركبات الميكانيكية على حجم (سعة) وعمر وخواص أجهزة الاحتراق الداخلى. وحالة هذه الأجهزة ومدى ضبطها Tuning وكفاءتها، ودرجة حرق البترول فيها (بمعنى هل هو حرق كلى أم جزئى).

وكلما زادت كمية الهواء الداخلة فى الاحتراق انخفضت نسبة أول أكسيد الكربون الناتجة عن حرق البترول وانخفضت أيضا كمية الهدروكربونات فى عادم السيارات الذى يتدفق إلى الهواء الجوى وفيه.

وعموما تزيد نسبة أول أكسيد الكربون والهدروكربونات فى عادم السيارات فى بداية تشغيل موتورات تلك السيارات (أى عندما تكون هذه الموتورات باردة).

وتتوقف كمية الملوثات فى عادم السيارات أيضا على سرعة سير هذه السيارات فتزيد نسبة أول اكسيد الكربون والهدروكربونات فى عادم السيارات عندما تسير تلك السيارات بسرعات بطيئة (كما هو الحال فى داخل المدن المزدحمة).

وتزيد نسبة أكسيد النتروچين المتولدة فى حالة سير السيارة بسرعة كبيرة.

كذلك تختلف نسبه الملوثات فى عادم السيارات بحسب حمولة هذه السيارات. فتزيد كمية الملوثات مع زيادة حمولة السيارة.

والجدول التالى (جدول ٤) يبين متوسط المركبات الكيميائية فى عادم السيارات المضاف إلى الهواء الجوى.

جدول (٤)

متوسط المركبات الكيميائية فى عادم السيارات مقدرة بالجرام لكل كيلو متر

المركب الكيميائى	سيارات البنزين	سيارات الديزل
أول أكسيد الكربون	٦,٠	٢,٥٧ ـ ,٦٩
هدروكربونات	٥,٩	٢,٠٧ ـ ,١٤
أكاسيد نتروچين	٢,٢	١,٠٢ ـ ,٦٨
دقائق (هباب)	,٢٢	١,٢٨
ثانى أكسيد الكبريت	,١٧	,٤٧
رصاص	,٤٩	—

وبعض الهدروكربونات مثل البنزو (أ) بيرين Benzo (a) pyri1ne ملوثات خطيرة على صحة الإنسان والحيوان، وتعد من المواد المسرطنة.

ويضيف عادم الطائرات كميات كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروچين، بالإضافة إلى الهباب إلى الهواء الجوى.

ويتضح من الجدول السابق أن المركبات التى تسير بالبنزين تلوث الهواء بأول اكسيد الكربون اكثر مما تفعل سيارات الديزل. كما أنها تلوث الهواء كذلك بالرصاص. ويعود السبب فى ذلك إلى احتواء البنزين فى حالات كثيرة على بعض مركبات الرصاص المضافة لغرض تحسين صفات البنزين (زيادة رقمه الأوكتينى) ومن ثم زيادة كفاءة محركات السيارات.

وتعتبر مادة رابع إيثيل الرصاص lead tetra ethyl من أهم مركبات الرصاص التى تضيفها بعض الدول إلى البنزين لضبط احتراقه وزيادة كفاءة محركات السيارات.

وعندما يحترق البنزين المحتوى على مركبات الرصاص فى آلات الاحتراق الداخلى. يتأكسد الرصاص الموجود فى مركب رابع إيثيل الرصاص معطيا اكسيد الرصاص ضمن عادم تلك الآلات. وأكسيد الرصاص مادة صلبة غير متطايرة ومن ثم يترسب جزء منه على جدار المحرك الداخلى، وينطلق الجزء الآخر مع عادم المحرك ليلوث الهواء الجوى والبيئة بصفة عامة.

وباستمرار ترسب أكسيد الرصاص على الجدران الداخلية للمحرك تتكون طبقة صلبة خشنة تفسد المحرك وتقلل من كفاءته. ويمكن التخلص من رواسب اكسيد الرصاص على الجدران الداخلية لمحرك السيارة بإضافة مركبات هالوچينية مثل بروميد الإيثيلين إلى البنزين، حيث تتفاعل هذه المركبات مع الرصاص الموجود فى البنزين فى أثناء احتراقه، ويتحول الرصاص بهذا التفاعل إلى بروميد الرصاص وهى مادة متطايرة تخرج بسهولة مع عدم المحرك، ويمنع بذلك ترسب أكسيد الرصاص على الجدران الداخلية للمحركات. ويلاحظ أن مادة بروميد الرصاص هذه (وأمثالها) قد ساهمت بدور فعال فى منع تلوث المحركات، ولكنها ساهمت أيضا وبدور فعال كذلك فى زيادة نسبة الرصاص فى عادم السيارات المتدفق فى الهواء الجوى، والذى يدخل جزء كبير منه فى أجسام البشر ويترسب فيها.

وقد تنبهت كثير من الدول،ومنها مصر، إلى خطوره إضافة مركبات الرصاص إلى البنزين. وذلك بعد أن بينت البحوث العلمية أن مادة بروميد الرصاص المتطايرةمع عادم السيارات فى الهواء الجوى تكون مع الهواء الجوى معلقا دقيقا جدا ويشبه الرذاذ، وأنه يظل معلقا فى الهواء زمنا طويلا وتنقله الرياح من مكان لآخر ويجد طريقه فى نهاية المطاف إلى صدور الإنسان والحيوان ليترسب فيها ويصيبها بالأمراض الخطيرة. وقد أوقفت بعض الدول إضافة مركبات الرصاص إلى البنزين منعا لتلوث البيئة.

ورغم أن كثيرا من الدول قد أوقفت إضافة مركبات الرصاص إلى وقود السيارات. فإن عادم السيارات لا يزال الملوث الأكبر للهواء الجوى بأول أكسيد الكربون والهدروكربونات كما هو موضح بالجدول التالى (جدول ٥).

جدول (٥)

الملوثات الرئيسية للهواء الجوى فى عام ١٩٨٢ (مقدرة بالمليون طن)[١]

مصادر التلوث	أول أكسيد الكربون	الدقائق الصلبة	أكاسيد الكبريت	الهدرو كربونات	أكاسيد النتروچين
المركبات الميكانيكية	٥١,١	١,١	٠,٧	١٥,١	٧,٣
حرق مواد الطاقة	١,٧	٨,١	٢٢,٢	٠,٦	٩,١
الصناعات	٨,٨	٦,٨	٦,٦	٤,٢	٠,٢
حرق النفايات الصلبة	٧,١	١	٠,١	١,٥	٠,٥
حرائق الغابات	٦,٥	٦,١	—	٢	١,١
حرق المخلفات الزراعية	٧,٥	٢,٢	—	١,٥	٠,٣
مصادر أخرى متنوعة	١,٣	٠,٥	٠,٥	٠,٣	٠,٢
المجموع الكلى	٨٤	٢٥,٨	٣٠,١	٢٥,٢	١٨,٧

الآثار السلبية لتلوث الهواء:

تعد الملوثات الغازية والدقائق التى تضاف إلى الهواء الجوى بسبب النشاط البشرى ضارة بصحة الهواء والبيئة ويزداد ضررها عندما تزيد عن حد معين فى تركيزها.

وتأتى خطورة تلك الملوثات فى أن كثيرا منها يتراكم فى جسم الإنسان مع الزمن، وتتفاعل بعض الملوثات مع بعضها فى الهواء وينتج عنها مواد جديدة تزيد من حدة تلوث الهواء. وقد تتفكك بعض الملوثات إلى مواد أقل خطورة أو قد تترسب من الهواء على سطح الأرض تاركة الهواء وشأنه، ولكنها تلوث التربة والماء والنبات وتجد طريقها فى النهاية إلى جسم الإنسان.

ويتفاوت سلوك الملوثات الكيميائية التى تضاف إلى الهواء. فالهدروكربونات المكلورة والتى تستخدم كمادة دافعة فى صناعة العطور والمبيدات الحشرية وغيرها، تظل هذه المركبات دون تغير عندما تنطلق إلى الهواء وتصبح إحدى مكوناته.

أما الملوثات الأكثر نشاطا فلها عمر قصير نسبيا ولا تظل ثابتة فى الهواء الجوى، وتزاح من الهواء إما بتفككها إلى مركبات غير ضارة أو تترسب على سطح الأرض. وعندئذ تتسبب بشكل فعال فى تلوث الأرض.

ومعظم حالات التلوث الخطيرة تنتج عن اختلاط ملوثين أو أكثر وتفاعل تلك الملوثات مع بعضها البعض. كما تحفز بعض الملوثات ملوثات أخرى ومن ثم فإن الفعل النهائى لمجموع الملوثات مع بعضها يفوق مجموع أفعال أو تأثيرات الملوثات عندما تكون فرادى.

التلوث بغاز ثانى اكسيد الكبريت:

غاز ثانى اكسيد الكبريت هو أهم اكاسيد الكبريت التى تنطلق إلى الهواء الجوى عند حرق الكبريت أو المركبات التى تحتوى على الكبريت. وهو غاز عديم اللون، وغير قابل للاشتعال، ويصبح للهواء الجوى طعم حامضى إذا احتوى على جزء واحد فى المليون من ثانى اكسيد الكبريت، ويصبح للهواء طعم لاذع ورائحة مهيجة إذا وصل تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى هذا الهواء إلى ثلاثة أجزاء فى المليون.

ويتأكسد ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى فى وجود أشعة الشمس أو بعض المركبات الكيميائية المناسبة ويتحول إلى ثالث اكسيد الكبريت. ويتحول هذا الغاز إلى حمض الكبريتيك فى وجود الرطوبة. وقد يتفاعل هذا الحمض الذى يوجد فى الهواء على هيئة رذاذ دقيق مع بعض المركبات القلوية مثل النشادر وتتكون كبريتات الأمونيوم والتى سرعان ما تترسب من الهواء. ولا يدوم بقاء ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى غير بضعة أيام. بعدها يتأكسد ويذوب اكسيد الكبريت فى الرطوبة معطيا حمض الكبريتيك كما ذكرنا آنفا. وهذا هو سبب

انخفاض نسبة ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى بالمقارنة مع ما يضاف إلى الهواء من هذا الغاز سنويا بفعل النشاط الإنسانى.

ويقدر العلماء أن النشاط الإنسانى يساهم بنحو ثلث كمية أكاسيد الكبريت الموجودة فى الهواء الجوى. وأن كمية الكبريت التى تضاف إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى سنويا تصل إلى ٦٦ مليون طن (١٣٢ مليون طن من ثانى اكسيد الكبريت) وتتولد هذه الكمية من أكاسيد الكبريت من حرق الفحم والبترول وغيرها (جدول ٦)

جدول (٦)

مركبات الكبريت الغازية التى تضاف سنويا إلى الهواء الجوى من المصادر الطبيعية والصناعية (مقدره بالمليون طن)

المصدر	كمية الكبريت
حرق الفحم	٤٦
حرق وتكرير البترول	١٣
صهر خامات النحاس	٦
صهر خامات الرصاص والزنك	١,٣
المجموع الكلى بفعل النشاط الإنسانى	٦٦
غاز كبريتيد الهدروچين المتصاعد من التراب	٦٢
غاز كبريتيد الهدروچين المتصاعد من البحار	٢٧
رذاذ أملاح الكبريتات من البحار	٤٠
المجموع الكلى للكبريت الناتج من العمليات الطبيعية	١٢٩
المجموع الكلى (الصناعى والطبيعى)	١٩٥

والمصادر الطبيعية لغازات الكبريت التى تضاف إلى الهواء الجوى هى التفاعلات الحيوية (البكتيرية) فى التربة ومياه الصرف الصحى والبرك والمستنقعات.

ولغازات الكبريت فعل هدام على المبانى والمنشآت والتربات الزراعية والنباتات والغابات والبحيرات وذلك بتكوينها للأمطار الحمضية، والتى تؤدى إلى تآكل المنشآت المعدنية، وبخاصة الحديد والصلب والزنك. ويظهر الأثر الهدام لتلك الملوثات فى البيئات الرطبة الدافئة، حيث تساعد درجات الحرارة المرتفعة على ذوبان أكاسيد الكبريت فى رطوبة الهواء مكونة حمض الكبريتيك وحمض الكبريتوز. وتؤثر هذه المركبات الكيميائية على المنسوجات القطنية والنايلون والجلود والورق وغيرها. كذلك تتأثر البويات بغازات الكبريت فتنطفى لمعتها ويتبدد بريقها وقد تفقد هذه البويات ألوانها أو تصاب بالشحوب.

وتتأثر النباتات بغازات الكبريت حتى لو وجدت هذه الغازات بتركيزات منخفضة جدا (أقل من ۰,۰۳ جزء فى المليون لثانى اكسيد الكبريت، أما التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى فإنها تتلف النباتات وتصيب أوراقها بالعطب والحروق وتصبح الأوراق صفراء أو بنية اللون بسبب هلاك الكلوروفيل.

ويسبب غاز ثانى أكسيد الكبريت ورذاذ حمض الكبريتيك فى الهواء الجوى متاعب صحية عديدة للإنسان والحيوان، وخاصة فى الجهاز التنفسى. وتصاب النباتات بالتسمم بفعل رذاذ حمض الكبريتيك.

ولا يعرف على وجه الدقة آلية الفعل التدميرى لغاز ثانى أكسيد الكبريت على النباتات، حينما تمتص أوراق النباتات غاز ثانى أكسيد الكبريت. فإن هذه الغاز يتأكسد فى داخل أنسجة النبات وينتج عن ذلك فى النهاية حمض الكبريتيك أو أملاح الكبريتات. ويعزى الفعل التدميرى لغاز ثانى أكسيد الكبريت فى داخل أنسجة النباتات إلى الصفات المؤكسدة والمختزلة لهذا الغاز، وليس بفعل حمض الكبريتيك الذى يتكون فى داخل الأنسجة.

وتتآكل المنشآت الحجرية المشيدة من أحجار الجير أو الرخام فى وجود غاز ثانى أكسيد الكبريت، وبخاصة فى المناطق الدافئة المرطبة.

التلوث بغاز كبريتيد الهدروچين:

كبريتيد الهدروچين غاز سام عديم اللون ذو رائحة مميزة تشبه رائحة البيض الفاسد.

ويتكون هذا الغاز بصفة رئيسية بتحلل المواد العضوية النباتية والحيوانية بفعل البكتريا فى المستنقعات والبيئات البحرية الضحلة. كما يتصاعد أيضا من العيون الكبريتية وفوهات البراكين، ومناجم الفحم، وشبكات الصرف الصحى وغيرها.

وينبعث من المحيطات نحو ٣٠ مليون طن سنويا من غاز كبريتيد الهدروچين، وما بين ٦٠ إلى ٨٠ مليون طن من هذا الغاز تنطلق سنويا من سطح الأرض لتضاف إلى الهواء الجوى. ولا تزيد كميه غار كبريتيد الهدروچين المنبعثة من النشاطات الصناعية عن ثلاثة ملايين طن سنويا وتأتى هذه الكمية من حرق مواد الطاقة التى تحتوى على الكبريت.

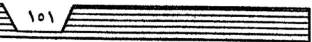
ويتأكسد جزء كبير من كبريتيد الهدروچين فى الهواء الجوى إلى ثانى أكسيد الكبريت.

وتصاب النباتات التى تتعرض لغاز كبريتيد الهدروچين إلى عطب الأوراق وتساقطها وتعطيل نمو النباتات.

والتركيزات المنخفضة من غاز كبريتيد الهدروچين تصيب الإنسان بالصداع والإعياء ثم الانهيار والإغماء ثم الموت.

وتلتهب الأغشية المخاطية للإنسان إذا استنشق هواء يحتوى على ١٥٠ جزء فى المليون غاز كبريتيد الهدروچين.

وإذا تعرض الإنسان لهواء يحتوى على ٥٠٠ جزء فى المليون من غاز كبريتيد الهدروچين فإنه يصاب بالتهاب رئوى ومغص قولونى واستطلاق البطن.



والجرعة القاتلة من غاز كبريتيد الهدروچين هى ٧٠٠ إلى ٩٠٠ جزء فى المليون، إذ ينتقل هذا الغاز من خلال الحويصلات الهوائية فى الرئة إلى مجرى الدم. وتحدث الوفاة فى غضون عدد قليل من الثوانى. وحتى بعد شهيق واحد أو اثنين. وقد تحدث الوفاة بالاختناق.

التلوث بغاز أول أكسيد الكربون:

أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة، ومن هنا تأتى خطورته، حيث لا يتنبه الإنسان إلى وجود هذا الغاز، ومن ثم يصعب تجنب التعرض له واستنشاقه.

ويتولد غاز أول أكسيد الكربون عند حرق المواد الكربونية حرقا غير مكتملا أو فى وجود كمية محدودة من الأكسچين.

وتتولد كمية كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون، تقدر بنحو ٢٥٠ مليون طن سنويا، تضاف إلى الهواء الجوى. كما يتولد هذا الغاز بفعل العمليات البيولوچية التى لا يعرف عنها شيء كثيرا. وتتصاعد نحو عشرة ملايين طن من هذا الغاز من المحيطات.

ولا توجد تقديرات دقيقة لمتوسط تركيز غاز أول اكسيد الكربون فى الهواء الجوى. وبعض التقديرات تشير إلى أن متوسط تركيز هذا الغاز تقترب من ١,٠ جزء فى المليون.

ويتأكسد أول أكسيد الكربون إلى ثانى اكسيد الكربون ولكن بمعدل وسرعة بطيئه جدا. وقد بينت بعض الدراسات أن مخلوطا من أول أكسيد الكربون والأكسچين ظل ثابتا لسنوات عديدة رغم تعرضه لضوء الشمس.

ولا تزيد فترة بقاء غاز أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى عن بضعة أشهر، مما يعنى أن هناك عوامل تزيح هذا الغاز من الغلاف الجوى بصفة مستمرة فقد يتأكسد هذا الغاز فى وجود حافز معين أو تمتصه بعض الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية، أو قد يشارك فى التفاعلات الكيميائية الضوئية فى الغلاف الجوى.

وقد بينت بعض الدراسات العلمية أن التربات قد تمتص غاز أول أكسيد الكربون وقد يعزى ذلك إلى نشاط الكائنات العضوية الدقيقة فى هذه التربات.

الأثر الفسيولوچى لأول اكسيد الكربون:

أول أكسيد الكربون غاز سام، ويزيد من خطورته أنه لا رائحة له تنذر بوجوده.

وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين، وهذا المركب لا يتفكك بتأثير التفاعلات الحيوية فى الجسم، بعكس المركب الذى يتكون باتحاد الأكسچين مع الهيموجلوبين والذى يعرف باسم أوكسى هيموجلوبين. وباتحاد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين تضيع قابلية الدم لحمل الأكسچين وتوزيعه على خلايا الجسم.

وللهميجلوبين قابلية أكبر للاتحاد مع غاز أول اكسيد الكربون من قابليته للاتحاد مع الأكسچين.

وإذا تواجد الإنسان فى بيئة غنية بأول أكسيد الكربون والأكسچين معا، تكون فى دمه كلا المركبين الأكسيهيموجلوبين، والكربوكسيهيمو جلوبين. وتكون النسبه بينهما كما يلى:

$$\frac{\text{كربوكسيهيموجلوبين}}{\text{أكسيهيموجلوبين}} = \text{م}\ \frac{\text{حجم أول أكسيد الكربون}\%}{\text{حجم الأكسچين}\%}$$

والمقدار (م) هو ثابت يعتمد على نوع الكائن الحى وتتراوح قيمة هذا الثابت بالنسبه للإنسان من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ ونصف ذلك للأرنب.

وحيث إن الأكسچين يكون حوالى ٢١٪ من حجم الهواء الجوى، ومن ثم فإن نسبة الكربوكسيهيموجلوبين إلى الأكسيهيموجلوبين فى دم الإنسان تساوى ١٠٠, من تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى مقدرة بالجزء فى المليون. وتصل هذه النسبة إلى قيمتها هذه بعد عدة ساعات من تواجد الإنسان فى الهواء الذى يحتوى على أول اكسيد الكربون.

ويؤدى اتحاد أول أكسيد الكربون بهيموجلوبين الدم إلى تقليل كمية الأكسچين التى تصل إلى خلايا الجسم، كما يقلل من تفكك الأكسيهيموجلوبين إلى الهيموجلوبين والأكسچين وينتج عن ذلك إصابه الجسم بالأنوكسيا anoxia أو نقص الأكسچين فى الأنسجة حتى لو حمل الدم كميات كبيرة من الأكسچين إلى داخل الجسم.

كذلك يضعف أول أكسيد الكربون من وظائف الخلايا بمنع عمليات الأكسدة وغيرها من العمليات البيولوچية فى تلك الخلايا.

وفيما يلى الأعراض المصاحبة لزيادة نسبة

كربوكسيهيموجلوبين
――――――――
كربوكسيهيموجلوبين + أوكسيهيموجلوبين

صفر - ١, ٠ لا توجد أعراض ظاهرة باستثناء ضعف بعض الوظائف الحيوية

١, ٠ - ٢, ٠ يزداد سرعة التنفس لأقل مجهود يبذل

٢, ٠ - ٣, ٠ صداع

٣, ٠ - ٤, ٠ ضعف العضلات وغثيان ودوار الرأس

٤, - ٥, ٠ تلعثم فى النطق وميل للانهيار

٥, ٠ - ٦, ٠ اضطراب عنيف

٦, ٠ - ٧, ٠ إغماء تام إذا طال أمد التعرض للغاز

٨ر. الموت فورا

وإذا احتوى الهواء على حوالى ٢٥٠ جزء فى المليون غاز أول أكسيد الكربون فإنه يحدث الوفاة إذا استمر الضحية فى استنشاق الهواء المسموم دقائق معدودة.

علاج التسمم بأول اكسيد الكربون:

ولعلاج المصابين بالتسمم بأول اكسيد الكربون بوضع المصاب فى غرفه مملوءة بالأكسچين بحيث يتراوح ضغط الأكسچين فيها من ٢ إلى ٢,٥ ضغط جوى. ويؤدى استنشاق الأكسچين فى هذه الحالة إلى نزع أول أكسيد الكربون، ويعالج الجسم من حالة نقص الأكسچين فى الأنسجة وذلك بتدفق كمية كبيرة من الأكسچين إلى دم المصاب. فيقوم الجسم بتعديل آلية عمل الهيموجلوبين وهى نقل الأكسچين إلى خلايا الجسم

التدخين والتسمم بأول أكسيد الكربون:

تصل نسبة الكربوكسيهيموجلوبين فى دم الشخص الذى يدخن علبة سجائر يوميا، ويستنشق الدخان، إلى ٥٪ أو أكثر، وقد لا يظهر من جراء ذلك أعراض مرضية ولكن يصاحبها بالتأكيد ضعف فى القدرات الذهنية للمدخن وضعف فى حدة الإبصار وأعراض أخرى. . ولا يعرف كثيرا عن الأضرار التى تصيب الإنسان إذا تعرض لتركيزات منخفضة من أول اكسيد الكربون لمدة طويلة. وتشير بعض الدراسات إلى أن امتصاص الغاز لمدة طويلة يؤدى إلى الإصابه بفقر الدم.

وتشير بعض التقارير إلى زيادة نسبة الوفاة بين المرضى من نزلاء المستشفيات. بأمراض قلبية عند تعرضهم لتركيزات منخفضة من غاز أول أكسيد الكربون بمتوسط ١٠ أجزاء فى المليون. وأن مثل هؤلاء المرضى يعانون من قصور فى بعض الوظائف الحيوية فى أجسامهم إذا وصل تركيز الكربوكسيهيموجلوبين فى دمائهم إلى نحو ٥٪[١].

وفى الوقت الحاضر تقع معظم حوادث التسمم بأول اكسيد الكربون بسبب التعرض لهذا الغاز واستنشاقه فى الجراچات، وغرف التفتيش فى المجارى، ومن تسرب دخان المداخن إلى المناطق المغلقة. . . إلخ. ويبلغ عدد ضحايا التسمم بأول أكسيد الكربون إلى بضع مئات سنويا.

وتكثر الإصابة بسرطان الرئة بصفة عامة بين المدخنين كما يتعرض غير المدخنين، المخالطين للمدخنين (والذين يعرفون بالمدخنين السلبيين) للإصابة بالأمراض القلبية والسرطان من جراء استنشاق الدخان الذى ينفثه المدخنون فى الهواء الجوى.

ولا تتأثر معظم النباتات بالتركيزات المنخفضة من أول أكسيد الكربون، ولكن عند تعرض تلك النباتات لتركيزات عالية (١٠٠ ـ ١٠٠٠٠ جزء فى المليون) من أول أكسيد الكربون فإن أوراقها تتساقط أو تلتوى وتتجعد، ويصغر حجمها وتتصلب قبل اكتمال نموها. . . إلخ.

وتشير بعض الدراسات العملية أن أول أكسيد الكربون الذى يمتصه النبات يعيق التنفس الخلوى فى داخل جسم النبات وذلك بسبب تفاعل هذا الغاز مع الإنزيمات المؤكسدة فى الخلايا النباتية.

التلوث بفلوريد الهدروچين:

تعد البراكين النشطة المصدر الرئيسى لفلوريد الهدروچين الموجود فى الهواء الجوى، هذا بالإضافة إلى كميات ضئيلة نسبيا تنطلق من مصانع الحديد والصلب والألومنيوم وبعض الصناعات الكيميائية. وقمائن حرق الطوب وغيرها.

وللفلوريدات آثار ضارة على النباتات، حيث تحرق أطراف أوراق النباتات، وتعيق نمو النباتات، وتسقط أزهارها وثمارها بكثرة، وتؤدى إلى تكون ثمار صغيرة الحجم خالية من البذور كلية أو جزئيا.

وتتأثر ثمار الخوخ بصفة خاصة بالفلوريدات، حيث تعطى الأشجار ثمارا مبتسرة (قبل أوانها) ذات لب رخو محمر اللون وسطح متشقق.

التلوث بكلوريد الهدروچين:

ينطلق كلوريد الهدروچين إلى الهواء الجوى من بعض النافثات البركانية، كما هو الحال فى نافثات العشرة آلاف مدخنة فى ألاسكا بأمريكا الشمالية. كما

يتسرب هذا الغاز إلى الهواء من بعض الصناعات الكيميائية، وحرق الورق والفحم والبلاستيك والهدروكربونات المكلورة وغيرها.

ويسبب كلوريد الهدروچين تشوه أشكال أوراق النباتات، والتركيزات العالية من هذا الغاز تتلف النباتات.

التلوث بالهدروكربونات:

الهيدروكربونات هى مركبات كيميائية تتكون من الكربون والهدروچين. والمركبات الخفيفة منها تكون غازية فى درجات الحرارة العادية، مثل الميثان والبروبان والإيثيلين وغيرها، والميثان هو المكون الرئيسى للغاز الطبيعى وهو عديم اللون والرائحة (يضاف إلى الغاز الطبيعى بعض المواد ذات الرائحة مثل مركبات الكبريت حتى يمكن التعريف عليه من رائحته).

وتنبعث الهدروكربونات إلى الهواء الجوى من مصادر متعددة أهمها تحلل المواد العضوية بفعل النشاط البكتيرى، وحقول الغاز الطبيعى والبترول ومصانع تكرير البترول وغيرها.

ويسبب الإيثيلين إصفرار أوراق النباتات ونخرها، وإصابة البراعم الزهرية بالشحوب اليخضورى Chlorisis. ويعيق نمو أطراف النباتات ويقصر المسافة بين العقد فى سيقان النباتات ويزيد من نحافتها، ويهبط من نمو النباتات بصفة عامة.

وإذا استنشق الإنسان هدروكربونات غازية أصيبت أغشيته المخاطية بالالتهاب والاحتقان وتدمع عيناه. وقد أصيبت حيوانات التجارب التى تعرضت للهدروكربونات، أصيبت بسرطان الرئة.

التلوث بالأمونيا:

تتكون الأمونيا (النشادر) عندما تتحلل المواد المحتوية على النتروچين فى معزل عن الهواء سواء بالحرارة أو البكتريا، وكثيرا ما نلاحظ رائحتها فى بيوت الحيوانات.

والنشادر غاز عديم اللون ذو رائحة مميزة نفاذة وهى منشطة للقلب. ولكنها قد تؤدى إلى الوفاة. والغاز أخف من الهواء، ويمكن إسالته بسهولة، وحرارة تبخير النشادر السائلة أعلى من أى سائل آخر ما عدا الماء، ومن ثم فإنها تستخدم فى التبريد. وهى تذوب بسهولة فى الماء والكحول والإثير. والنشادر مركب نشط كيميائيا. وتتفاعل النشادر الغازية مع كلوريد الهدروچين معطية سحبا بيضاء تتكون من بلورات صغيرة، وتستخدم فى عمل ستائر الدخان.

ويسبب النشادر فى الهواء الجوى للنباتات أضرارا عديدة، فهو يزيل اللون الأخضر من أوراق النباتات (تبيضها)، ويكون بقعا صدأة على الأوراق والزهور، ويصغر الجذور، ويغير لون الثمار إلى اللون البنى، وتصبح الثمار رخوة.

أما ثمار التفاح فتصاب بأضرار خاصة من جراء غاز النشادر فى الهواء الجوى. حيث تتكون فى الثمار عديسات فلينية غامقة اللون. وتقلل من معدل إنبات البذور بصفة عامة.

التلوث بأكاسيد النتروچين:

هناك عدد من أكاسيد النتروچين، منها أكسيد النتروز (N_2O) وهو غاز عديم اللون، ذو رائحة مفرحة، وطعم حلو، وإذا شم فإنه يحدث شعورا بالتخدير المصحوب بالضحك. ولذا يسمى بالغاز المضحك. إلا أن هناك أكسيدين من هذه الأكاسيد وهما أكسيد النتريك (NO)، وثانى أكسيد النتروجين (NO_2) هما اللذان يتكونان بكميات كبيرة بفعل النشاط البشرى ويضافان إلى الهواء الجوى. كما يتكونان فى الهواء الجوى باتحاد النتروچين بالأكسچين.

ويقدر ما ينطلق من هذين الغازين إلى الهواء الجوى سنويا، بفعل النشاطات البيولوجية، بنحو ألف مليون طن. ويتولد عن حرق مواد الطاقة نحو ٤٨ مليون طن من ثانى أكسيد النتروچين، تضاف هى الأخرى إلى الهواء الجوى سنويا.

هذا بالإضافة إلى نحو ألف مليون طن من غاز النشادر تنطلق سنويا إلى الهواء الجوى بفعل النشاط البيولوچى. وتشكل هذه الكميات من مركبات النتروچين جزءا من دورة النتروچين فى الطبيعة.

ولا يزيد تركيز كل من أكسيد النتروز وثانى أكسيد النتريك فى أجواء المناطق الريفية عن بضعة أجزاء فى البليون. كما لا يزيد زمن بقاء هذين الغازين فى الهواء عن ٣ أو ٤ أيام.

ويزيد تركيز غاز أكسيد النتروز (N_2O) وثانى أكسيد النتروچين (NO_2) فى أجواء المدن بفعل النشاط الصناعى وحرق مواد الطاقة. فتزيد تركيز أكسيد النتروز عن جزء واحد فى المليون، ويصل تركيز ثانى أكسيد النتروچين إلى نحو ٠,٥ جزء فى المليون فى هواء المدن والمناطق الحضرية عموما. ولهذين الغازين دور مهم فى إتمام التفاعلات الكيميائية فى الغلاف الجوى وتكوين شبورة الدخان Smog.

ولأكسيد النتروچين دور هدام على الأشياء، وخاصة الصناعية منها مثل الأصباغ، والمنسوجات القطنية، والنايلون، والمعادن .. إلخ.

وتتأثر بعض النباتات بثانى أكسيد النتروچين حيث يتعوق نمو النباتات، وتصاب أوراقها بالتلف. ويتم ذلك إذا تعرضت النباتات لثانى أكسيد النتروچين بتركيز جزء واحد فى المليون لمدة يوم واحد، أو لعدة شهور لهواء يحتوى على ٠,٣٥ جزء فى المليون من هذا الغاز.

ولا توجد آثار ضارة على صحة الإنسان من التركيزات المنخفضة لأكسيد النتروز فى الهواء الجوى. ولكن ترجع خطورة تواجد هذا الغاز فى الهواء الجوى إلى احتمال تأكسده إلى ثانى أكسيد النتروچين.

وللهيموجلوبين قابلية مرتفعة للاتحاد مع أكسيد النتروز (N_2O)، وتصل إلى نحو ١٥٠٠ مرة قدر قابلية اتحاد الهيموجلوبين بأول أكسيد الكربون. ولاغرابة فى ذلك فأكسيد النتروز يشبه الأكسچين فى مسلكه كعامل مؤكسد مع المواد القابلة للاحتراق مثل الفوسفور والكربون. وإذا سخن فإنه يتفكك إلى النتروچين والأكسچين (ويكون الأكسچين ثلث الغاز المنطلق من هذا التفكك، ولذا فإن أكسيد النتروز يساعد على الاحتراق أكثر من الهواء الجوى. فالشظية المشتعلة تتوهج إذا ما أدخلت فى قارورة من غاز أكسيد النتروز ولحسن الحظ فإن أكسيد النتروز الجوى لا يجد طريقه إلى دم الإنسان ليتفاعل مع الهيموجلوبين.

ولثانى أكسيد النتروجـين لون بنى قاتم عند درجة ١٤٠ درجة مئوية، ولكن اللون يكاد يختفى تماما عند الدرجات المنخفـضة. وإذا أذيب ثانى أكسيد النتروچين فى الماء البارد تكون مخلوط من حمض النتريك والنتروز.

ولثانى أكسيد النتروچين رائحة يمكن التـعرف عليها حتى لو وجد هذا الغاز فى الهواء الجوى بتركيز منخفض لا يزيد عن ٠,١٢ جزء فى المليون. ولهذا الغاز قابلية مرتفعـة لامتصاص الأشعة فوق البنفسـجية من الغلاف الجوى ومن ثم يزداد نشاطه الكيميائى ويدخل فى تفاعلات عـديدة ينتج عنها تكون شبورة الغاز الضوء كيميائية Photochemical smog .

والتركيـزات العالية من ثانى أكسـيد النتروچين قاتلة للإنســان. فإذا تعرض الإنسان لهواء جوى يحتوى على ١٠٠ جـزء فى المليون من هذا الغاز لبضع دقائق هلك الإنسان أو الحيوان على الفور.

ودلت التـجارب التى أجريت عـلى الحيوانات مـثل القرود على أن رئـاتها وقلوبها وأكبادها وكلياتها تتلف إذا تعرضت تلك الحيوانات لثانى أكسيد النتروچين بتـركيـز يتراوح من ١٥ ـ ٥٠ جـزء فى المليون لمدة سـاعتـين. ويصاب الإنســان بأمراض فى جـهازه التنفـسى إذا تعرض لتـركيـز منخفض جـدا من ثانى أكسـيد النتـروچين (نحو ٠,٠٦ جـزء فى المليون) لمدة طويـلة. مما يعنى أن التلوث هواء المدن بغاز ثانى أكسـيد النتروچين له آثار خطيرة على صحة الإنسـان والحيوان على المدى البعيد.

ويذكـر التاريخ بعض الحـوادث الناتجة عن تلوث البـيئـة بغاز ثانـى أكسـيد النتروچين ومنهـا حريق مسـتشفى كليفـلاند كريل Clevelaand's Crile Hospital فى ١٥ مايـو سنه ١٩٢٩ والذى نتج عنه تكون كمـيات كـبيرة من هذا الـغاز إثر اشتعال النـار فى أفلام تصوير خاصة بأجهـزة الأشعة السينية تحتوى عـلى مركبات النتروچين. وقد مات فى هذا الحادث ١٢٤ شخصـا اثر تعرضهم لغاز ثانى أكسيد النتروچين.

الأمطار الحمضية:

الأمطار الحمضية هى أمطار تحتوى على أحماض ذائبة فيها. وكان الكيميائى البريطانى روبرت سميث أول من أشار إليها وكتب عنها فى عام ١٨٧٢م وعزاها إلى الرماد والدخان المتصاعدين فى الهواء الجوى من مداخن المصانع البريطانية.

وازدادت حدة هذه الظاهرة وخطورتها فى النصف الثانى من القرن العشرين بسبب الإفراط فى حرق مواد الطاقة من بترول وفحم وغاز طبيعى وما يصاحب ذلك من تدفق كميات هائلة من أكاسيد الكبريت والنتروجين إلى الهواء الجوى.

وتذوب أكاسيد الكبريت والنتروجين فى الماء مكونة أحماض الكبريت والنتروجين القوية، وتذوب هذه الأحماض فى مياه الأمطار وتسقط معها على سطح الأرض محدثة فيها وبها أضرارا بالغة الخطورة شكل (١٣).

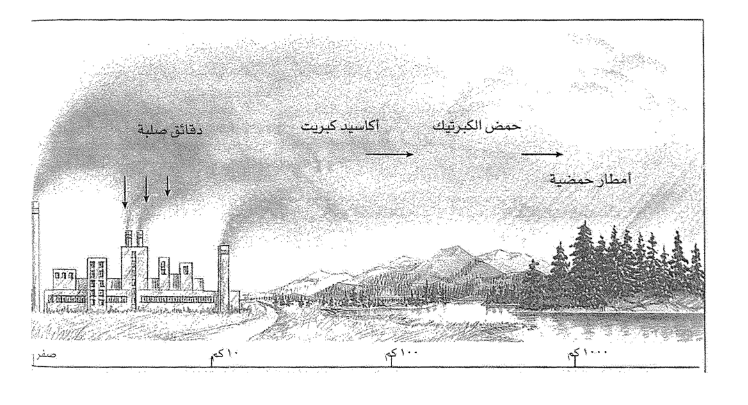
وتزيد الأمطار الحمضية من حموضة التربة الزراعية وتتغير تبعا لذلك الخواص البيولوجية والكيميائية للتربة ويزيد معدل ذوبانية بعض المركبات الكيميائية للعناصر السامة مثل الكادميوم.

وتمتص النباتات التى تنمو فى تربة حامضية كميات كبيرة من الكادميوم والتركيزات العالية من هذا العنصر السام تعد خطرا داهما على الإنسان والحيوان الذين يأكلون من تلك النباتات الملوثة بعنصر الكادميوم.

وتهدد الأمطار الحمضية الحياه البشرية والحيوانية المائية كلها، وتدمر الغابات والمحاصيل الزراعية، بالإضافة إلى إتلافها وحتها للمنشآت الحجرية والحديدية.

وتسبب الأمطار الحمضية مشكلات عديدة فى كثير من دول العالم، وبالذات فى شمال شرق أمريكا الشمالية، ودول شمال غرب أوروبا.

وقد لوحظت هذه الظاهرة فى السنوات الأخيرة فى بعض التربات الزراعية والبحيرات والأنهار السويدية ولم تكن تلك الحموضة ناجمة عن الغازات المنبعثة من النشاط الصناعى فى السويد، وظهر بعد ذلك أن السبب فى تلك الأمطار الحمضية هى الغازات الصناعية التى حملتها الرياح من الأجواء البريطانية ووسط



شكل (١٣)

تتكون الأمطار الحمضية بإضافة أكاسيد الكبريت والنتروچين إلى الهواء الجوى، وتذوب تلك الغازات فى مياه الأمطار مكونة أحماض الكبريت والنتروچين الفتاكة لتسقط بعد ذلك فى صورة أمطار حمضية تحدث أضرارا بالغة بالأحياء والجماد على حد سواء (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

أوروبا إلى السويد. وقد ساعد على انتشار تلك الغازات ووصولها إلى السويد استخدام الدول الصناعية لمواسير مداخن طويلة حتى تتجنب وقوع تلوث محلى للبيئة.

وقد عانت أيضا من ظاهرة الأمطار الحمضية دول كثيرة في شمال أوروبا مثل فنلندا والنرويج والنمسا وسويسرا.

وقد أتلفت الأمطار الحمضية مساحات واسعة من الغابات والمحاصيل الزراعية في كندا. وقد تكونت تلك الأمطار من الغازات الصناعية التى تقذفها المصانع فى الولايات المتحدة الأمريكية فى الهواء الجوى. وتسببت الأمطار الحمضية فى قتل الأسماك والبكتريا والطحالب ودمرت البيئة المائية فى مناطق متعددة فى كندا وأوروبا وغيرها.

ودمرت الأمطار الحمضية ٥٠٠٠ كم[٢] من غابات الأرز أو السيدار Cedar فى إقليم كانتو الواقع شمال طوكيو باليابان. وقد حملت الرياح الغازات الصناعية التى كونت الأمطار الحمضية فى سماء اليابان، من مناطق بعيدة متفرقة.

والأمطار الحمضية هى أمطار يزيد فيها تركيز أيون الهدروچين عن تركيزه فى الماء العادى. ويعبر العلماء عن حموضة الماء أو المحاليل المائية بما يعرف بالرقم الهدروچيى فالرقم الهدروچينى للماء المتعال هو سبعة، فإذا زاد هذا الرقم عن ذلك فأصبح ٧,٥ أو ٨ أو أكثر، كان المحلول قلويا مثل محلول الصودا الكاوية أو محلول كربونات الصوديوم وغيرها.

أما إذا نقص الرقم الهدروچينى للمحلول عن سبعة، كان المحلول حمضيا، مثل الخل أو عصير الليمون... إلخ

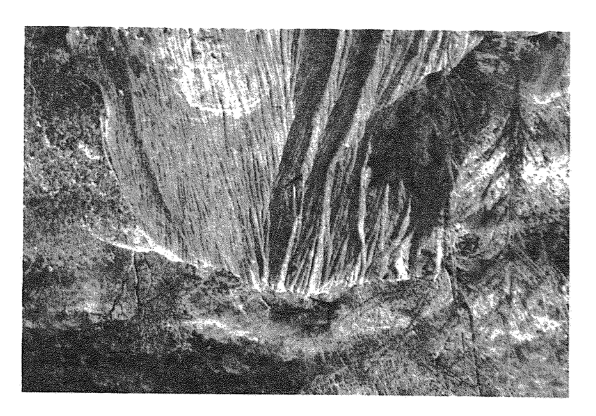
وتتفاوت حموضة الأمطار الحمضية بحسب تركيز أحماض الكبريت والنتروچين فيها. وقد يبلغ رقمها الهدروچينى ٤ أو ٤,٥ وقد تصل أحيانا إلى ٣، وهو ما يعادل نحو ١٠٠ مليجرام من حمض الكبريتيك فى لتر من الماء.

تقرح وتقشر الأحجار الجيرية:

لغاز ثانى أكسيد الكربون دور فعـال فى الأمطار الحمضية، حيث يذوب هذا الغاز جزئيا فى مياه الأمطار مكونا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك.

ولحـمض الكربونيك دور فـعـال فى حت وتآكل حـجـر الجيـر (كـربونات الكالسيوم) والمنشآت المشيدة به. حيث تذوب هذه الأحجار بمضى الوقت وبخاصة فى البيئات الرطبة الدافئة. تحت تأثير الأمطار الحمضية.

وتذوب كـربونات الكالسـيـوم فى حـمض الكربونيك مـعطيـة بيكربونات الكالسيـوم التى تسرى مع المياة تاركة قـروحا وفجوات ذات أشكال مـتنوعة شكل (١٤)



شكل (١٤)

صورة تبين تقرح أحجار الجير بفعل الرطوبة والأمطار الحمضية فى جزيرة سقطرى اليمنية فى المحيط الهندى (تصوير الدكتور مصطفى سليمان)

وقد تتكون بهذه الطريقة أيضا كهوف عملاقة فى الجبال الجيرية فى كل دول العالم. وتعرف تلك الأحجار حينئذ باسم الصخور الجيرية الكارستية (نسبة إلى منطقة بهذا الاسم فى يوغسلافيا تكثر فيها الكهوف فى أحجار الجير) وبعض الكهوف العميقة تكون مملوءة بالماء الجوفى وتعد مصدرا ممتازا له كما هو الحال فى اليمن وغيرها.

وتحتوى الأحجار الجيرية عادة على نسبة من كربونات المغنسيوم، وتذوب كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم فى وجود حمض الكربونيك فى مياه الأمطار، كما تذوب هذه الكربونات فى حمض الكبريتيك وتتحول إلى كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم. وتذوب كبريتات الكالسيوم بقلة فى الماء، أما كبريتات المغنسيوم فهى سريعة الذوبان فى الماء. وعندما يتبخر الماء من هذه المركبات. فإن كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم تكون بلورات، مميأة Hydrated crystals أكبر حجما من الكربونات الأصلية مما يؤدى إلى زيادة الضغوط فى الشقوق والفجوات التى تتكون فيها هذه البلورات المميأة مما يؤدى إلى تقرح Blistering وتقشر Flaking الصخور الجيرية(١٥).

ويؤدى وجود الغبار والتراب فى البيئة إلى زيادة حت وتآكل الصخور والمنشآت بالأمطار الحمضية وتساعد هذه الدقائق فى أكسدة ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت، وأكسيده حمض الكبريتوز إلى حمض الكبريتيك الأكثر فعالية ونشاطا فى حت وتآكل المنشآت بالأمطار الحمضية.

ولقد ساعدت البيئة الجافة - لحسن الحظ - فى حفظ وحماية المنشآت الأثرية الفرعونية. وأغلبها مشيد بأحجار الجير مثل الأهرامات وأبى الهول وغيرها، نقول ساعدت البيئة الجافة فى مصر على حفظ تلك الآثار من التآكل والنحت بفعل الأمطار الحامضية.

شبورة الدخان Smog:

تعرف شبورة الدخان فى اللغة الإنجليزية باسم (Smog) وهى كلمة مشتقة من كلمة دخان (Smoke) وكلمة ضباب أو شبورة (Fog). وقد صاغ هذا المصطلح

لأول مرة الدكتور دى فويكس Dr. H. A. Des Voeux أحد العلماء البارزين فى مكافحة التدخين فى بريطانيا فى سنة ١٩٠٥م. وذلك لوصف شبورة الدخان أو الضباب الدخانى Smoke - Fog المشهور فى أجواء لندن.

وتعرف شبورة الدخان اللندنية حاليا باسم الضباب الدخانى أو شبورة الدخان التقليدية Classical Smog.

وفى وقت لاحق عرفت شبورة الدخان فى أجواء بعض المدن الأوروبية والأمريكية، ومن أشهرها مدينة لوس أنجليس الأمريكية وهى تختلف عن شبورة الدخان التقليدية فى سماء لندن، ولذا تسمى شبورة دخان لوس أنجليس وغيرها باسم شبورة الدخان الضوء كيميائيةPhotochemical Smog؛ وذلك بسبب تكون هذه الشبورة بفعل تفاعلات كيميائية فى وجود ضوء الشمس فى الغلاف الجوى.

والجدول (٧) يوضح أهم الصفات المميزة لشبورة الدخان التقليدية وشبورة الدخان الضوء كيميائية.

شبورة الدخان التقليدية:

اشتهرت لندن تاريخيا بأنها مدينة الضباب وذلك بسبب وقوع تكون الضباب فى أجوائها بكثافة عالية وما يصاحبه من وقوع حالات تسمم ووفاة.

ويتكون الضباب من هذا النوع عادة فى المناطق الباردة والتى يكثر فيها استخدام الفحم للحصول على الطاقة اللازمة للصناعة أو تدفئة المنازل.

ويتصاعد من احتراق الفحم، بالإضافة إلى ثانى أكسيد الكربون، يتصاعد ثانى أكسيد الكبريت ثم دقائق السناج والرماد والتى تتطاير فى الهواء وتظل معلقة فيه، وبخاصة فى الأجواء الساكنة التى يقل فيها هبوب الرياح.

ويسبب الضباب الدخانى حالات وفاة عديدة كما حدث فى الفترة بين الخامس والحادى عشر من شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢م، حيث توفى ما بين ٣٥٠٠، ٤٠٠٠ شخص فى لندن وكان أغلب هؤلاء الضحايا من الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسى والقلب من مختلف الأعمار.

جدول (٧)
الصفات المميزة لشبورة الدخان التقليدية وشبورة الدخان الضوء كيميائية

الصفة	الشبورة التقليدية	الشبورة الضوء كيميائية
بداية رصدها	لندن	لوس أنجليس
الملوثات الرئيسية	أكاسيد الكبريت والدقائق	الأوزون، أكاسيد النتروچين، أول أكسيد الكربون، الهدروكربونات وغيرها.
مصادر التلوث	غازات حرق مواد الطاقة فى المصانع والمنازل	عادم السيارات
أثرها على الإنسان	التهاب واحتقان فى الحلق والرئتين	التهاب واحتقان العيون
أثرها الكيميائى	مختزلة	مؤكسدة
ذروة نشاطها	فى الصباح الباكر فى الشتاء	فى حوالى وقت الظهيرة خلال أشهر الصيف

وقد توفى هؤلاء الضحايا بفعل حمض الكبريتيك وحمض النتريك والدقائق الصلبة التى تسللت إلى رئاتهم. وقد تكون حمض الكبـريتيك الفتاك بتفاعل ثالث أكسيد الكبريت والماء، وبالمثل تكون حمض الـنتريك بذوبان ثانى أكسيد النتروچين فى الماء الموجود فى رئات الضحايا.

ويتكون ثالث أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى بأكسدة ثانى أكسيد الكبريت المتصاعـد من حرق الفحم والخشب والبـترول والغاز الطبيعى. ويـتم هذا التفاعل (الأكسدة بسهـولة فى وجود مواد حافزة من أيونات الحديد والمغنـسيوم والفاناديوم وغيرها، وتوجد مثل هذه الأيونات فى الدخان المتطاير من حرق الفحم.

وفى شبـورة لندن المشهـورة فى عام ١٩٥٢م زاد تركـيز أكـاسيد الكـبريت والنتروچين فى هواء مدينة لندن ووصل إلى ١,٤٦ جزء من المليون يوميا، ووصل تركيز الدخان إلى ٤,٥ مليجرام لكل متر مكعب من الهواء.

ويعتبر - فى واقع الأمر - تركيز أكاسيد الكبريت والنتروچين السالف الذكر، منخفضا نسبيا فالتركـيز الشديد الخطورة من هذه الغازات على صحة الإنسان البالغ يبدأ من خـمسـة أجزاء فى المليـون. ويعرف هذا التـركيز باسم الـقيمـة المشرفـية Threshold Value.

والقيمة المشرفية هذه هى التـركيز الذى يبدأ بعده الخطورة الزائدة على صحة الإنسان والحيوان.

وقد بينت الدراسـات العلمية أن غاز ثـانى أكسيد الكبـريت إذا دخل جسم الإنسان مع الهواء الجـوى فإنه يصيب الإنسان بعدد من الأمراض منهـا: الالتهاب الشعبى الحاد والربو وغيرها.

ويزداد خطر هذه الغـازات على المدخنين، حـيث إن الدخان يعـمل كمـادة حافزة وتزيد من خطورة الملوثات على الجسم.

شبورة الدخان الضوء كيميائية Photochemical Smog:

يعرف سكان المـناطق الشماليـة فى مصـر شبورة الماء التى تـتكون عادة فى الصبـاح الباكر فى أيام الـشتاء والتى سرعان ما تتبـدد بظهور الشمس. ولا تسبب

هـذه الشـبـورة خطرا على صحـة البيـئة، إذ أنهـا تتـكون من بخـار الماء المتكثف جزئيا.

وهناك نوع آخر من الشـبورة تتكون من أجواء بعض المدن الصناعـية تعرف باسم شبورة الدخان الضوءكيميائية.

وقد لوحظت شبورة الدخـان الضوء كيميائية فى أول الأمـر فى سماء مدينة لوس أنجليس بالولايـات المتحـدة الأمـريكيـة فى سنة ١٩٤٣م، ثم رصـدت هذه الشبورة بعد ذلك فى أجواء مدن عديدة أخرى من بلدان العالم.

ويقصد بالشبورة الدخانية الضوء كـيميائية ذلك المخلوط المركب من المركبات الكيمـيائية التى تتـولد بفعل تأثيرا أشـعة الشمس على بعض المركـبات الكيميـائية المتصاعـدة من عادم السيارات ودخان المصـانع وغيرها فى الهواء الجـوى. وأهمها أكسيد النتريك (NO) والهدروكربونات.

وتسـاهم فى تكون هذه الشبـورة أيضـا بعض الملوثات الموجودة فى الهـواء الجوى مثل ثانى أكسيد الكبريت والدقـائق العالقة فى الهواء. ويزداد تأثير المركبات المتولدة من هذا التفاعل باستمرار التفاعل لأيام متتالية.

ويعتبر الأوزون وأكسيد النتريك (NO) وثانى أكسيد النتروچين NO_2 وأول أكسيد الكربون أهم مكونات شبورة الدخان الضوءكيميائية.

وتبدأ التفـاعلات الكيميائية التى ينـتج عنها غازات الشبورة الدخانيـة بتأثير أشعة الشـمس فى ثانى أكسيد النتروچين ليـتولد من ذلك التفاعل أكسـيد النتريك والأكسچين الذرى.

$$NO_2 \xrightarrow{\text{أشعة الشمس}} NO + O$$

أكسچين أكسيد النتريك ثانى أكسيد النتروچين

ويتحـد الأكسچين الذرى مع جـزئيات الأكسچين فـى وجود عامل مسـاعد وليكن النتروچين، ويتكون من ذلك غاز الأوزون كما يلى:

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

ويتفاعل غاز الأوزون مع أكسيد النتريك مكونا ثانى أكسيد النتروچين والأكسچين:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ويتفاعل الأكسچين الذرى مع مركبات الهدروكربونات الموجودة فى الهواء الجوى الملوث، كذلك يتحد الأوزون مع تلك الهدروكربونات، وينتج عن ذلك سلسلة تفاعل طويلة وعدد من المركبات الجديدة.

واكثر الهدروكربونات قابلية للتفاعل مع الأوزون وذرات الأكسچين هى الأوليفينات Olefins (وهى هدروكربونات إيثيلينية تحتوى على رابطة كيميائية مزدوجة). تليها الألدهيدات التى تحتوى على الأكسچين، ثم المركبات العطرية، وأخيرا الهدروكربونات الأليفاتية المشبعة.

وبعض هذه الهدروكربونات ينتج عن تفاعلها تكون مركبات ضارة بصحة الإنسان والحيوان وخاصة العين التى تصاب بالتورم والالتهاب.

وقد بينت الدراسات البيئية أن هواء المدن المزدحمة بالسيارات والمصانع يحتوى على أكثر من ١٠٠ مركب هدروكربونى. ويتفاعل على معظم هذه الهدروكربونات مع بعضها البعض فى وجود الأوزون والأكسچين الذرى وأشعة الشمس وينتج عنها الغازات التى تكون شبورة الدخان الضوء كيميائية

ويتفاعل الأوزون والأكسچين الذرى مع الأوليفينات كما فى المعادلات التالية:

$$R\,CH = CH_2 + O_3 \longrightarrow R\,CHO + CH_2\,O_2$$

ألدهايد فورمالدهايد

$$R\,CH = CH_2 + O \longrightarrow R\,CH_2 + H\,CO$$

و(R) فى هذه المعادلات يمثل مجموعة ألكيل Alkyl غير محددة. (والألكيل هو شق أليفاتى هدروكربونى أحادى التكافؤ).

ويتأكسد الألدهيد الناتج ويدخل فى سلسلة تفاعلات جديدة

وتتفاعل الشـقوق المتوسطة $R\,CH_2, CH_3$ مع مكونات الغلاف الجـوى كما يلى:

$$R\,CH_2 + O_2 \longrightarrow R\,CH_2\,O_2$$

$$R\,CH_2\,O_2 + NO \longrightarrow R\,CH_2\,O + NO_2$$

$$R\,CH_2\,O + O_2 \longrightarrow R\,CHO + HO_2$$

ألدهيد   شق نشط

ويتفاعل الشق النشط HO_2 مع أكسيد النتريك كما يلى:

$$HO_2 + NO \longrightarrow NO_2 + OH$$

وللمجمـوعة الهدروكسـيل الناتجة (OH) نشاط كبـير فى استمرار التـفاعلات الخاصة بتولد غازات الشبورة الدخانية الضوءكيميائية

ويتفاعل CH_3 مع مكونات الغلاف الجوى ويتكون بذلك الألدهيد ويتأكسد أكسيد النتريك (NO) إلى ثانى أكسيد النتروچين (NO_2).

وتدخل الشقوق الهدروكربونية المحتوية على الأكسچين H CO, R CO فى سلسلة تفاعلات كما يلى:

$$R\,CO + O_2 \longrightarrow RC\,(O)\,O_2$$

شق البيروكسى أسيتيل

ويعـد تكون شق البـيـروكسى أسـتـيل بمثـابة الخطوة الأولى لتكون نتـرات البيروكســى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (PAN) التى تصيب العيـون بالالتهاب والتهيج. وهو مركب قليل وغير ثابت، ورغم ذللك يعد أحد أهم مكونات شبورة الغاز الضوءكيميائية.

ويتكون نترات البيروكسى أسيتيل كما يلى:

$$RC(O)O_2 + NO_2 \longrightarrow RC(O)O_2NO_2$$

(PAN)

ويدخل شق البيروكسى أسيتيل فى تفاعلات عديدة منها:

$$RC(O)O_2 + NO \longrightarrow NO_2 + RC(O)O$$

$$RC(O)O \longrightarrow CO_2 + R$$

حيث R هى شق طليق ويدخل فى تفاعلات أخرى عديدة منها:

$$R + O_2 \longrightarrow RO_2$$

$$RO_2 + NO \longrightarrow NO_2 + RO$$

ويدخل المركب RO فى سلسلة تفاعلات أخرى ينتج عنها الألدهيد مع مركبات أخرى عديدة.

ويعد الفورمالدهايد وحمض النتروز من المواد الأساسية فى شبورة الدخان.

ويتكون حمض النتروز حسب المعادلة التالية:

$$NO + NO_2 + H_2O \longrightarrow 2\,HONO$$

حمض النتروز

ويتفكك حمض النتروز بتأثير أشعة الشمس وينتج من ذلك تكون شق الهدروكسيل:

$$HONO \xrightarrow{\text{أشعة الشمس}} OH + NO$$

ويدخل أيون الهدروكسيل فى عدد كبير من التفاعلات بعد ذلك.

ويسبب التعرض لشبورة الدخان والغازات المكونة لها التهاب واحتقان العيون، وتقرح الحلق والبلعوم وتلف الجهاز التنفسى.

ولشبورة الدخان صفات مؤكسدة قوية، ومن ثم فإنها تؤكسد غاز ثانى أكسيد الكبريت الموجود فى الهواء إلى ثالث أكسيد الكبريت، الذى يذوب فى الماء

معطيا حمض الكبريتيك (ماء النار) والذى يوجد فى هذه الحالة على هيئة رذاذ ضمن الشبورة الغازية. ولهذا الحمض آثار سامة شديدة على صحة الإنسان والحيوان، خصوصا إذا تسلل إلى الجهاز التنفسى.

وبالإضافة إلى خطورة شبورة الدخان على صحة الإنسان والحيوان، فإن هذه الشبورة تقلل من مدى الرؤية؛ وذلك بسبب وجود الدقائق العالقة فى الهواء مثل الدخان ورذاذ السوائل والأملاح وغيرها، والتى تمتص الضوء ومن ثم تقلل الرؤية إلى حد كبير.

ويتوقف استدامة انخفاض الرؤية بسبب الشبورة على مدى استمرار وبقاء الدقائق معلقة فى الهواء، قبل أن تبددها الرياح أو ترسب الدقائق الصلبة (كالغبار) على سطح الأرض.

ويتناسب مدى الرؤية فى وجود شبورة الدخان عكسيا مع تركيز مكونات الشبورة من دقائق صلبة ورذاذ ودخان، فكلما زاد تركيز هذه المكونات فى الهواء الجوى انخفض مدى الرؤية، والعكس صحيح.

وتؤثر الرطوبة فى مدى الرؤية؛ ذلك أن زيادة الرطوبة تزيد من تكون الرذاذ فى الهواء الجوى.

ويقل مجال الرؤية عن ستة كليومترات فى حالة الهواء الذى تصل فيه الرطوبة إلى ٧٠٪ فإذا زادت الرطوبة عن ٨٠٪ انخفض مجال الرؤية وأصبح أقل من ٣ كم أما إذا وصلت الرطوبة إلى ٩٠٪ انخفض مجال الرؤية عن ٢ كم.

ويزيد تلوث الهواء من دور الرطوبة فى تخفيض مجال الرؤية بصفة عامة.

أثر الهواء الملوث على الإنسان والحيوان والنبات:

يستنشق الإنسان حوالى ٧٥٠٠ لترا من الهواء الجوى يوميا. ومن ثم فإن أية ملوثات فى الهواء الجوى، حتى لو وجدت بكميات ضئيلة جدا، سوف تؤثر فى صحة الإنسان؛ لأنها تدخل فى جسم الإنسان من خلال جهازه التنفسى بصورة مباشرة وتؤثر فيه وبالاخص الأنف والحلق والشعب الهوائية.

وعندما يدخل الهواء من فتحتى الأنف تقوم الشعيرات الدقيقة بترشيح الهواء وحجب معظم المواد العالقة التى يزيد قطرها عن ١٠ ميكرومتر تقريبا. وفى أثناء مرور الهواء عبر فتحتى الأنف ترتفع درجة حرارته ويترطب ويصل إلى الرئتين وهو فى حالة مناسبة. وينتقل الأكسچين والمواد الملوثة العالقة بالهواء إلى الدم عبر الرئتين.

وتمتص الأجزاء العليا من الجهاز التنفسى ملوثات الهواء سريعة الذوبان مثل ثانى أكسيد الكبريت. ولهذا السبب يشعر الإنسان بسرعة بالهواء الملوث بالغازات بمجرد دخول الهواء إلى فتحتى الأنف.

أما الدقائق الناعمة التى تتراوح أقطارها من ١,٠ إلى ٥ ميكرومتر (الميكرومتر أو الميكرون هو جزء من المليون من المتر) والغازات الممتصة على أسطحها، فإنه تدخل الرئتين وتترسب على سطحها الداخلى.

وتأتى خطورة بعض الدقائق الناعمة مثل الغبار المتصاعد من بعض الصناعات كالأسمنت والمحاجر وغيرها، فى أنها تصيب الإنسان بأمراض خطيرة مثل سل النحاتين Silicosis ومرض الصفرى Asbestisis وذلك بسبب احتواء هذا الغبار على الدقائق الصلبة المتطايرة من الأحجار والأسبستوس وغيرها. وتحتوى هذه الدقائق على مكونات معدينة مثل أكسيد السيليكون وأكسيد الكالسيوم والمغنسيوم وغيرها من العناصر الثقيلة.

ويجب العناية بالعاملين فى مجال المحاجر والمناجم والفلزات والمسابك وصناعة الأسمنت والبناء... إلخ؛ لوقايتهم من الإصابة بتلك الأمراض الفتاكة. بالإضافة إلى وقاية الذين يتعرضون لاستنشاق هواء ملوث بالعناصر الثقيلة السامة مثل البريليوم واليورانيوم والرصاص والزرنيخ والزئبق وغيرها.

ويجب ألا يتعرض العاملون فى هذه الصناعات لتركيزات عالية من هذه العناصر السامة.

وقد بينت التجارب أن الحيوانات التى تعرضت لأكاسيد النتروچين انخفضت مقاومتها الطبيعية للأمراض.

وكما ذكرنا سابقا فإن غاز أول أكسيد الكربون هو غاز سام ويتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين ومن ثم يمنع الدم من نقل الأكسچين إلى خلايا الجسم.

وإذا زاد تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (كما هو الحال فى كثير من بالوعات وغرف تفتيش شبكات الصرف الصحى) فإن استنشاق هذا الهواء يؤدى إلى الوفاة بسرعة.

وللعناصر الثقيلة والتى تضاف إلى الهواء الجوى مع عادم السيارات ودخان المصانع لهذه العناصر أثر خطير على صحة الإنسان والحيوان والنبات.

وقد بينت التجارب أن نحو ٢٠٪ من كمية الرصاص المستنشق يتم امتصاصه فى الرئتين. ويؤدى التسمم بالرصاص إلى الإصابة بالأمراض التالية:

- التوتر العصبى.
- الشلل.
- الضعف العام.
- الإجهاض.

وللرصاص أثر خطير على الجهاز العصبى للأطفال ويؤدى إلى إصابتهم بالتعوق والتخلف العقلى والشلل الدماغى، وضمور وضعف العصب البصرى.

وهناك عنصر ثقيل آخر لا يقل سمية عن الرصاص ذلك هو عنصر الكادميوم. وقد يتلوث الهواء بعنصر الكادميوم من خلال غبار ودخان المصانع والمسابك وعادم السيارات وغيرها.

ويؤدى استنشاق هواء ملوث بعنصر الكادميوم إلى تلف الكليتين والرئتين. وضعف أطراف العظام وتآكلها، وما ينتج عن ذلك من آلام مبرحة.

ويؤدى طول التعرض لعنصر الكادميوم إلى الإصابة بأمراض القلب والإجهاد.

المركبات المسرطنة:

يقصد بالمركبات المسرطنة تلك الملوثات من العناصر الكيميائية ومركباتها والتى تؤدى إلى الإصابة بالسرطان.

ومشكلة المواد المسرطنة فى أن آثارها لا تظهر إلا بعد فترة طويلة من التعرض، تتراوح عادة من ٢٠ إلى ٣٠ سنة فى أغلب الأحوال.

وبدأ العلماء يربطون بين تلوث الهواء وسرطان الرئة منذ سنة ١٩٣٦. ومنذ ذلك التاريخ بدأ المختصون فى إجراء الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع، وبخاصة فى أجواء المدن الملوثة. وأثر التلوث ونوعيته وتركيزه فى إحداث سرطان الرئة. وهو موضوع معقد تتداخل فيه عوامل عديدة منها: علاقة التدخين بسرطان الرئة، والعوامل النفسية والضغط العصبى المميز لحياة المدن والناجم عنها. والعوامل الوراثية، والأحوال الاقتصادية وزيادة المواد المصنعة فى طعام وشراب أهل المدن وما يصاحبها من تلوث كيميائى وبيولوجى وعناصر ثقيلة... إلخ.

وللملوثات الهدروكربونية فى الهواء الجوى دور فى إصابة البعض بسرطان الرئة فى أجواء المدن.

وهناك علاقة واضحة بين المواد العطرية وسرطان الجلد وغيره وذلك فى المناطق الصناعية.

وتتأثر النباتات بالملوثات الهوائية والتى تدخل فى أجسام النباتات بطريقة مباشرة أو من خلال الرطوبة فى التربة، حيث تذيب الأمطار الملوثات الهوائية وتحملها معها إلى التربة عند سقوط تلك الأمطار، ومن ثم نجد تلك الملوثات طريقها إلى أجسام النباتات التى تنمو فى تلك التربات الملوثة.

وتعد المواد الحامضية من أخطر الملوثات الهوائية على التربة والنباتات.

وعندما تنفذ الملوثات الهوائية إلى أجسام النباتات فإنها تذوب فى سوائلها الخلوية وتكون أحماضا (مثل حمض الكبريتيك الذى يتكون بذوبان أكاسيد الكبريت فى الماء) تتلف أنسجة النباتات.

وتعد أكاسيد الكبريت، وكلوريد الهدروچين وفلوريد الهدروچين من أخطر الملوثات الغازية على النباتات وتظهر آثارها بوضوح فى أوراق النباتات التى تعرض لتلك الغازات.

وتعد الدقائق الصلبة أقل سمية من الغازات بالنسبة للنباتات؛ ذلك أنها لا تنفذ إلى داخل جسم النبات ولكنها تترسب على سطح النبات وتلتصق على الأسطح الشمعية لأوراق النباتات.

وفى بعض الأحيان فد تذوب بعض الملوثات الصلبة المترسبة على أسطح أوراق النباتات، فى الرطوبة ومن ثم تجد طريقها إلى داخل أنسجة النباتات من خلال الخدوش والجروح على أسطح النباتات أو عبر مساماتها. كذلك قد تذوب بعض الملوثات فى المادة الشمعية على الأوراق وتتسرب إلى داخل جسم النبات. وعلى هذا الأساس فإن الملوثات الهوائية الصلبة قد يكون لها تأثير موضعى محدد فى الغالب بالمقارنة مع الملوثات الغازية فى الهواء والتى تؤثر على كل أنسجة النبات.

وقد تنتقل الملوثات الصلبة الهوائية إلى سلسلة الغذاء إذا تناولت الحيوانات نباتات ترسبت عليها ملوثات غازية صلبة. وفى النهاية تجد هذه الملوثات طريقها إلى جسم الإنسان.

ولمعظم نباتات الزينة أوراق حساسة تجاه الملوثات فإذا ترسبت الدقائق الصلبة على أوراق نباتات الزينة فإنها تصيبها بالتلف وتقلل من قيمتها الجمالية أو الاقتصادية كما هو الحال فى الزهور والورود،وذلك على الرغم من بقاء هذه النباتات واستمرارها فى النمو والتزهير.

وتتغير حساسية النباتات والحيوانات تجاه الملوثات وذلك حسب نوع وتركيز تلك الملوثات ودرجة وزمن التعرض لها، وعدد الملوثات فى البيئة فقد تحفر الملوثات بعضها البعض وتتعاون على إتلاف عناصر البيئة من إنسان وحيوان ونبات وجماد.

وليست كل النباتات على درجة واحد من الحساسية تجاه الملوثات فبعض أنواع النباتات تكون أكثر حساسية تجاه ملوثات معينة كما أن بعض النباتات تجمع عناصر كيميائية معينة من التربة مثل النباتات المجمعة للسيلينيوم أو الزنك أو النيكل. . وكلها عناصر كيميائية سامة.

وتنمو بعض النباتات فى بيئات ملوثة أو ذات ملوحة عالية. . . إلخ.

ويعد ثانى أكسيد الكبريت من أكثر الملوثات إتلافا للنباتات، فعندما يدخل هذا الغاز فى جسم النبات فإنه يتحد مع الماء معطيا أيون الكبريتيد Sulphite (SO_3^{--}) ولهذه الأيونات تأثير مدمر أكثر ٣٠ مره من تأثير أيونات الكبريتات (SO_4^{--}) وتظهر أعراض تلوث النباتات بأيونات الكبريتيدات فى تغير أوراق النباتات إلى اللون الأسود. ثم ترهل الأجزاء التى تتركز فيها أيونات الكبريتيدات ثم تجف تلك الأوراق وتتساقط بعد ذلك.

وإذا زادت حدة التلوث وسقوط أوراق النبات؛ أدى ذلك إلى موت النبات كله.

وتعد التركيزات المنخفضة من غاز ثانى أكسيد الكبريت وحتى ٠,٠٥ جزء من المليون ضارة بالنباتات الحساسة.

أما النباتات متوسطة الحساسية للتلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت، فإنها تتحمل تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى حدود ٠,١٥ جزء فى المليون، وحتى ٠,٣ جزء فى المليون لمدة ثمانى ساعات تعرض.

وكثير من النباتات والمحاصيل الاقتصادية يعد متوسطة الحساسية تجاه غاز ثانى أكسيد الكبريت، ومن هذه النباتات:

- القمح.
- البرسيم.
- البقوليات.

- الخص.

- أشجار الفاكهة.

وهناك نباتات ذات مقاومة عالية للتلوث بثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى مثل أشجار الكاسورينا والتى لا تتأثر حتى لو تعرضت لمدة ست ساعات لهواء يحتوى على ثلاثة أجزاء فى المليون ثانى أكسيد الكبريت.

وهناك علاقة واضحة بين عمر النبات ودرجة مقاومته للتلوث، فتزيد مقاومة النبات لعوامل التلوث مع العمر فالنباتات الغضة الجديدة تكون أقل مقاومة من النباتات الأكبر عمرا وذلك بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكبريت.

وفى مرحلة النضوج تكون معظم النباتات حساسة جدا وتتأثر تأثرا واضحا بغازات الكلور وكلوريد الهدروچين والأمونيا والأوزون وذلك بالمقارنة مع تأثرها بتلك الغازات فى المراحل السابقة للنضوج.

وللأوزون تأثير ضار على كثير من النباتات. والأوزون هو أحد المكونات الرئيسية لشبورة الدخان الضوء كيميائية ويظل هذا الغاز ثابتا لفترة طويلة فى أثناء النهار.

ويزيد تركيز الأوزون فى أجواء العديد من الدول الأوروبية والأمريكية عن القيمة المشرفية Threshold Value لتركيز هذا الغاز وهى ١, ٠ جزء فى المليون لمدة ساعتين، أو ٠٣, ٠ جزء فى المليون لمدة أربع ساعات تعرض بالنسبة للنباتات. فإذا زاد تركيز هذا الغاز عن القيمة المشرفية لتعرض النبات لهذا الغاز أصبح ذلك خطرا على النباتات بصفة عامة.

ويتسلل الأوزون إلى داخل أجسام النباتات ويهاجم طبقة النسيج العمادى فى النبات، وبالتالى يتدمر الكلورفيل وينخفض معدل التمثيل الضوئى فى النبات، كما يؤثر الأوزون فى داخل جسم النباتات على معدل تنفسها.

وقد تبدو الخلايا الخارجية فى جسم النبات الملوث بالأوزون، قد تبدو تلك الخلايا مصونة ومعافاة وغير متأثرة بالأوزون، وذلك على الرغم من أن الخلايا الداخلية تكون قد دمرت تدميرا شديدا بفعل الأوزون.

ويؤدى تعرض أشجار الصنوبر لتركيزات عالية من الأوزون إلى احتراق أطراف أوراق الصنوبر.

ويقلل الأوزون أو حتى يمنع تكون أفرع جديدة فى بعض النباتات مثل القرنفل، والخبيزى الأفرنجية أو أبرة الراعى Geranium. وكذلك يقلل من معدل تزهرها.

ويعتبر التوباكو من أكثر النباتات تأثرا بالأوزون.

وقد تأثرت بعض أصناف أشجار الصنوبر بشدة بغاز الأوزون فى حدائق الصنوبر الوطنية فى جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية فى سنة ١٩٦٩. وكان ذلك بسبب تعرض تلك الأشجار لغاز الأوزون وصل تركيزه إلى ١,٠ جزء فى المليون لمدة عشرة ساعات يوميا وذلك خلال فصل الصيف من ذلك العام.

وقد بينت بعض المشاهدات أن هناك علاقة ما بين غازى ثانى أكسيد الكبريت والأوزون، حيث يحفز كل منهما الآخر إذا وجدا سويا فى الهواء الجوى، ومن ثم يزيد فعلهما التدميرى على النباتات، وبخاصة النباتات الحساسة بالنسبة لهذين الغازين.

وقد تدمرت العديد من النباتات شديدة التأثر بغازى الأوزون وثانى أكسيد الكبريت، بسبب وجود حوالى ٠,٠٢ ـ ٠,٠٣ جزء فى المليون من غاز الأوزون، بالإضافة إلى ٠,٠٢ ـ ٠,١ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكبريت. وواضح أن تركيز أى من الغازين فى هذه الحالة هو أقل من القيمة المشرفية لكل منهما على حدة ـ مما يعنى أن كل من الأوزون وثانى أكسيد الكبريت قد عضد أو حفز من الآخر فى تدميره للنباتات.

ويشبه ثانى أكسيد النتروچين ثانى أكسيد الكبريت فى أنه سريع الذوبان فى الماء ويؤثر بشدة فى أوراق النباتات الغضة ويتلفها.

ويزيد الفعل التدميرى لثانى أكسيد النتروچين على النباتات فى الأيام الغائمة أكثر من الأيام المشمسة وقد يعزى ذلك إلى أن ضوء الشمس ينشط من التفاعلات

الإنزيمية فى النباتات والتى من شأنها أن تحول مركبات النتريت إلى الأمونيا (النشادر) وهذا غذاء للنبات ويقل هذا التفاعل الأنزيمى أو يخمد فى وجود الضوء الخافت.

ولهذا السبب فإن ثانى آكسيد النتروچين يعد أقل سمية من ثانى آكسيد الكبريت بالنسبة للنباتات.

ويعتبر الحد المشرفى Threshold Value (الذى بعده يكون خطرا على النباتات) للتعرض لمدة أربع ساعات هو ٢,٥ جزء فى المليون من غاز ثانى أكسيد النتروچين. وهو تركيز يصعب وجوده حتى فى أكثر أجواء المدن تلوثا.

وهناك مركب نتروچينى آخر يتكون فى الهواء الجوى بفعل تأثير أشعة الشمس على الهواء الملوث بغازات النتروچين، ويدعى نترات البيروكسيل أستيل Peroxylacetyl nitrate ويرمز له بالأحرف الأولى من اسمه (PAN) ويتكون فى الهواء الجوى حسب المعادلة التالية:

$$RC\,(O)\,O_2 + NO_2 \longrightarrow RC\,(O)\,O_2\,NO_2$$

نترات البيروكسيل أستيل

و(R) فى هذه المعادلة ترمز إلى شق أليفاتى هدروكربونى أحادى التكافؤ.

ويعتبر نترات البيروكسيل أستيل من أكثر مكونات شبورة الدخان الضوء كيميائية سمية وخطورة على النباتات.

ويؤثر هذا المركب (PAN) بشدة فى نباتات الزينة الحديثة النمو، والخضروات والأعشاب أكثر من تأثيره على الأشجار الكبيرة والشجيرات. ويكون تدميره للنباتات الصغيرة شديدا حتى لو وجد فى الهواء الجوى بتركيز منخفض جدا (أقل من تركيز الأوزون).

والقيمة المشرفية لهذا المركب هى حوالى ١ ٠, ٠ جزء فى المليون لمدة ستة ساعات يوميا.

ويهاجم هذا المركب الخطير (PAN) الطبقة الداخلية لخلايا الأوراق الحديثة النمو (الغضة) فى النباتات ويدمرها. أما الأجزاء الخارجية من هذه الأوراق فتظل تنمو مما يؤدى إلى انثناء وطى وتشوه تلك الأوراق المصابة.

وقد يظهر العطب الناتج من تأثير نترات البيروكسيل أستيل على النباتات والأعشاب فى صورة نطاقات ذات لون بنى غامق.

والفلور غاز حارق أكال، يحت ويبلى كل شيء يلامسه. ولا يوجد إلا عدد قليل من المواد الطبيعية أو الصناعية التى تقاوم الفلور وأهمها اللدائن. ولذلك يحفظ أهم مركبات الفلور وهو حمض الهدروفلوريك فى زجاجات من البلاستيك.

والفلور سام جدا وقد أخذ اسمه من كلمة فتورس Ftoros الإغريقية وتعنى المتلف.

وتعد مركبات الفلور الغازية مثل فلوريد الهدروچين مواد متلفة للنباتات والمزروعات حتى لو وجدت هذه الفلوريدات فى الهواء الجوى بتركيزات منخفضة جدا، لاتزيد عن ۰,۰۰۱ جزء فى المليون.

وغاز فلوريد الهدروچين قابل للذوبان فى الماء مكونا حمض الهدروفلوريك والذى يحرق الكثير من النباتات الحساسة للمركبات الحامضية حيث يدمر ويقتل خلايا النبات بمجرد أن يلامسها ويصبح لون الأوراق المتعرضة لهذا الحمض (المصابة) بنيا أو ذات مظهر فاتح وتظهر فى تلك الأوراق الثقوب المتعددة بعد تعرضها للحمض بأيام قليلة.

وكثير من الأشجار الخشبية مثل الصنوبر وأشجار الشوخ أو الشربين (خشب الموسكى) Fir حساسة جدا لغار فلوريد الهدروچين، وتبغير ألوان أوراقها بمجرد تعرضها لهذا الغاز.

وقد تتجمع مركبات الفلور (الفلوريدات) فى أعشاب المراعى والخضروات. إذا وجدت هذه المركبات فى التربة أو مياه الرى، ورغم ذلك فقد تبدو هذه

النباتات وكأنها فى صحة جيدة، رغم أنها مسممة بمركبات الفلور الفتاكة. وعندما تتغذى عليها الحيوانات وخاصة الماشية فإن مركبات الفلور تنتقل إلى أجسامها وتتركز فى لحومها وألبانها وتصبح تلك اللحوم والألبان ملوثة بالفلور.

وتتأثر النباتات تأثرا شديدا بالفلزات الثقيلة، وبخاصة الرصاص والزنك والكادميوم. وقد لوحظ - كما ذكرنا آنفا - تأثر المزروعات القريبة من مسابك الفلزات وأفران صهر الخامات الفلزية غير الحديدية، بالغازات المتصاعدة من تلك الصناعات، وتحتوى هذه الغازات على مركبات الرصاص والزنك والكادميوم.

والزنك والكادميوم أكثر سمية من الرصاص، وتمتص النباتات كبريتات الزنك وكبريتات الكادميوم بسهولة إذا كانت هذه المركبات موجودة فى التربة.

وأشجار الفاكهة هى أكثر النباتات حساسية تجاه الزنك. والخوخ والبرقوق أكثر حساسية من التفاح والكمثرى.

وللتربة التى تنمو فيها النباتات دور هام فى تلوث النباتات بالعناصر الثقيلة، ذلك أن بعض التربات تحتفظ بمركبات العناصر الثقيلة أكثر من غيرها.

وبعض أصناف النباتات ذات مقاومة للتسمم أكثر من الأخرى. وقد وجد أن جدران خلايا جذور النباتات لها دور كبير فى قابلية النباتات لامتصاص المركبات الكيميائية من التربة.

وفى الآونة الأخيرة زاد استخدام مبيدات الحشرات والديدان والفطريات وذلك لحماية المزروعات من أخطار تلك الآفات الزراعية.

وكما تقوم هذه المبيدات فى حماية النباتات من أخطار الآفات الزراعية، فإنها تصيب النباتات بالتسمم وتلوث البيئة، وخاصة إذا تم رش تلك المبيدات فى المواضع غير المناسبة.

وعندما ترش المبيدات الحشرية فى الحقول فإنها تكون رذاذا دقيقا يتطاير فى الهواء ومعه وينتشر فى مساحات واسعة،أوسع من المناطق المراد وقايتها من الآفات الزراعية. ويحدث هذا الرذاذ تلوثا للبيئة بدرجة كبيرة وإن لم يكن يقصد ذلك.

تأثير الملوثات الهوائية على الحيوان:

لاحظ المهتمون بالبيئة تأثر الحيوانات مثلها مثل الإنسان بالملوثات الهوائية فى مناطق المسابك وصهر الخامات غير الحديدية (والتى يتطاير منها غازات الكبريت والزرنيخ والفوسفور وغيرها) وبالقرب من المصانع الكيميائية، ومصانع الأسمدة الفوسفاتية، ومصانع الزيوت والصابون، وقمائن حرق الطوب والجير، ومصانع الألومنيوم وغيرها، حيث تتسرب من تلك الصناعات العديد من المركبات الكيميائية الغازية أو الأتربة والتى تتصاعد فى الهواء الجوى وتلوثه بالملوثات الكيميائية الفتاكة مثل الفلوريدات والكبريتات والكلوريدات والنترات وغيرها من المواد الكيميائية الطيارة.

فعند تحميص الخامات المعدنية غير الحديدية (مثل خامات النحاس والرصاص والزنك وغيرها) وذلك تمهيدا لصهرها. فإن العديد من المركبات الكيميائية مثل أكاسيد الزرنيخ والأنتيمون والكادميوم والزنك والكبريت والفوسفور... إلخ. تتطاير فى الهواء الجوى وتلوثه بدرجات متفاوتة. وقد تسبب الوفاة للإنسان والحيوان إذا تعرض لتلك الغازات كما حدث فى سنة ١٩٠٢م فى مونتانا حيث نفقت نحو ٦٢٥ رأسا من الأغنام من قطيع تعداده نحو ٣٥٠٠ رأس؛ وذلك بسبب التلوث بالزرنيخ فى موقع يبعد نحو ٤٠ كم من مصنع صهر خامات النحاس فى منطقة أناكوندا.

والمعروف أن معادن الزرنيخ ترافق عادة معادن النحاس فى خاماتها فى الطبيعة.

وهلكت قطعان من الماشية والخيول إثر تسممها بالرصاص والزنك المتصاعدين من مصنع يبعد نحو خمسة كيلو مترات فى ألمانيا فى سنة ١٩٥٥م.

وفى سنة ١٩٥٤م أدت الغازات المتصاعدة من مصنع للصلب فى السويد، أدت هذه الغازات التى تحتوى على عنصر الموليبدنيوم، إلى نفوق قطعان الماشية فى المراعى التى تبعد عن مصنع الصلب بنحو ٨٠٠ متر.

وتترسب على جوانب الطرق فى القرى والمدن مركبات الرصاص المخلوطة بالسناج والمتصاعدة من النشاط الصناعى وعادم السيارات. وقد تجد تلك المواد طريقها إلى التربات الزراعية أو المجارى المائية (كالترع والقنوات) أو المياه الجوفية وذلك بعد سقوط الأمطار عليها وجرفها فى طريقها إلى التربات الزراعية. ومن ثم تجد تلك الملوثات طريقها إلى أجسام النباتات فالحيوانات التى تتغذى على تلك النباتات وأخيرا جسم الإنسان وتصيبه بالتلوث.

وهناك علامات ودلائل على الإصابة بالتسمم بالعناصر الثقيلة ومنها:

- الإسهال.
- الأنيميا.
- التيبس.

ومن مظاهر تسمم الحيوانات بالزرنيخ هو شعورها بالظمأ، ثم القىء، ويكون لزفيرها رائحة الثوم المميز لمركبات الزرنيخ.

والإصابة بتسمم الفلور مشكلة شائعة فى الحيوانات المجترة. وخاصة الأبقار الحلوبة وغالبا ما يكون مصدر الفلور هو فلوريد الهدروچين المتصاعد من مصانع الأسمدة وقمائن حرق الطوب، ومصانع صهر خامات الألومنيوم.

ولذا يجب دراسة هذه الظاهرة فى منطقة نجع حمادى بصعيد مصر، حيث توجد مصانع الألومنيوم فيها

وتتجمع مركبات الفلور فى أجسام النباتات وتتراكم حتى تصل إلى ٢ ـ ٣ جزء فى المليون (بالنسبة للنباتات الجافهة، وعندما تتغذى الحيوانات على تلك النباتات فإنها تصاب بتسمم الفلور، وتبدأ أعراض الإصابة بالفلور فى الحيوان برقشة (تعدد الألوان) أسنانه ويصبح لونها غامقا، ويقلل إنتاج الحيوانات الحلوبة من اللبن وأخيرا تصاب بلين العظام والكساح.

وتتأثر الحيوانات والطيور المنزلية بالملوثات الهوائية بدرجات متفاوتة بحسب نوع وتركيز المادة الملوثة وصحة الحيوان أو الطير وعمره... إلخ.

ولا يقتصر فعل الملوثات الهوائية على الإنسان والحيوان والنبات، ولكن تؤثر هذه الملوثات، كما ذكرنا سابقا، على الجماد أيضا، سواء كان ذلك الجماد مادة طبيعية كالأحجار أو صناعية مثل البويات والمنشآت المعدنية وغيرها.

فتتغير ألوان أحجار الجير البيضاء فى المدن الصناعية بفعل الغازات الملوثة، يتغير لونها بمرور الوقت وتكتسب لونا غامقا غير مقبول. وقد تصاب بعض المنشآت الآثرية والتاريخية بالتلف من جراء الملوثات الهوائية، وبخاصة فى البيئات الرطبة، حيث تذوب الملوثات الهوائية فى رطوبة الهواء ومن ثم يزداد فعلها التدميرى.

ويغير غاز كبريتيد الهدروچين (ذو الرائحة المميزة والتى تشبه رائحة البيض الفاسد) دهان أبيض الرصاص، الذى يستخدم فى طلاء جدران المنازل وغيرها باللون الأبيض، إلى اللون الأسود وذلك بتفاعله مع الرصاص مكونا كبريتات الرصاص السوداء اللون. ويظهر ذلك بوضوح فى المناطق الرطبة. ويتصاعد غاز كبريتيد الهدروچين إلى الهواء الجوى بفعل النشاط البكتيرى فى مياه الصرف الصحى والبرك والمستنقعات وأماكن تجميع المخلفات العضوية والقمامة وغيرها.

وقد بينت بعض الدراسات أن زيادة مستوى المواد المؤكسدة فى البيئة، مثل الأوزون، يقلل من عمر إطارات السيارات.

كما تفقد المصنوعات الفضية بريقها إذا تعرضت لغاز كبريتيد الهدروچين، وثانى أكسيد الكبريت.

ولا تحتاج الأدوات المنزلية وأدوات الزينة المصنوعة من الفضة أو المطلية بها، لا تحتاج هذه الأدوات وحدها إلى التنظيف الدائم والعناية المستمرة، ولكن أيضا كل الأدوات المصنوعة من الفضة مثل الموصلات الكهربائية فى وسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية. تحتاج هى الأخرى للعناية حتى تظل تعمل بكفاءة عالية، وبخاصة فى بيئات المدن الصناعية التى تكثر فيها غازات ومركبات الكبريت وغيره.

وقد يحتاج الأمر إلى وضع تلك الأجهزة الدقيقة فى جو وبيئة نقية خالية من الغازات والملوثات الكيميائية، كما هو الحال فى مدينة روتوروا فى نيوزيلندا،

حيث يزيد تركيز غاز كبريتيد الهدروجين المتصاعد من المصادر الطبيعية، ويضاف إلى الهواء الجوى فى تلك المدينة. ومن تم توضع السترالات فى جو مكيف خاص خال من غاز كبريتيد الهدروچين وذلك باتباع طرق ووسائل فنية معينة. وذلك لحماية تلك الأجهزة من التلف وجعلها تعمل بكفاءة عالية.

وفى الآونة الأخيرة بدأ المهتمون بشئون البيئة بدراسة وتقدير الخسائر الناجمة عن الملوثات الهوائية، وبخاصة المواد المؤكسدة منها، وتأثيرها على صحة الإنسان والحيوان والنبات والمنشآت والمبانى الأثرية والتاريخية... إلخ.

ثانى أكسيد الكربون والصوبة الزجاجية:

غاز ثانى أكسيد الكربون هو أحد المكونات الطبيعية الضئيلة للهواء الجوى. ويتكون هذا الغاز نتيجة احتراق المواد العضوية كالفحم والبترول والغاز الطبيعى والخشب... إلخ.

وينتج عن حرق كيلو جرام من المادة العضوية ما بين ١,٥ إلى ٣ كجم من ثانى أكسيد الكربون. وتشير بعض التقديرات إلى أن هناك نحو عشرين ألف مليون طن من غاز ثانى أكسيد الكربون تضاف سنويا إلى الهواء الجوى، معظمها بفعل النشاط الإنسانى على الأرض.

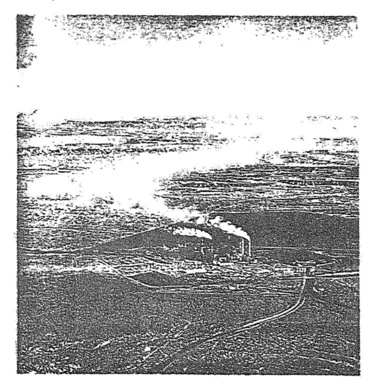
وقد اهتم المختصون بشئون البيئة بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى منذ فترة طويلة وقام العلماء منذ فترة طويلة بقياس وتقدير تركيز هذا الغاز فى منطقة ماونا لوا Mouna loa فى جزر هاواى بالمحيط الهادى. ووجدوا تذبذبا فى تركيز هذا الغاز خلال فصول السنة بالإضافة إلى زيادة مضطردة فى تركيز الغاز فى هواء هذه المدينة بنحو ٧, جزء فى المليون، حتى وصلت إلى مستواها الحالى وهو ٣٢٠ جزء فى المليون.

وعزى التغير الفصلى فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى إلى نشاط النباتات فى مختلف فصول السنة، فتزداد حاجة النبات إلى هذا الغاز خلال فصلى الربيع والصيف، حيث تنمو النباتات بمعدل أكبر خلال هذين

الفصلين ومن ثم تمتص كميات كبيرة من غاز ثانى أكسيد الكربون المنطلق فى الهواء الجوى لاستخدامها فى بناء أجسامها وفى تكوين ما تحتاجه من مواد عضوية من خلال عملية التمثيل الضوئى. ومن ثم ينخفض تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى خلال هذين الفصلين من السنة

وبينت قياسات تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى خلال القرن العشرين وجود زيادة مضطردة فى تركيزه من حوالى ٢٩٠ جزء فى المليون قبل سنة ١٨٩ حتى تركيزه الحالى (٣٢٠ جزء فى المليون).

وقد زاد انبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون فى الآونة الأخيرة بسبب الإفراط فى استهلاك مواد الطاقة، وخاصة البترول والغاز الطبيعى والفحم (شكل ١٥).



شكل (١٥)

لقد زاد تدفق الغازات الصناعية فى الهواء الجوى؛ بسبب النشاط الصناعى للدول المتقدمة والإفراط فى حرق مواد الطاقة من فحم وبترول وغازات صناعية، وأدى كل ذلك إلى تلوث الهواء العالمى

وتمتص مياه المحيطات قدرا كبيرا من ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى.

ولمياه المحيطات قدره على استيعاب ثانى أكسيد الكربون تزيد بنحو ٦٠ مرة عن قدرة الهواء الجوى لاستيعاب هذا الغاز.

ويعزى تكون أحجار الجير (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) فى أحواض الترسيب المائية الضخمة عبر العصور الچيولوچية على سطح الأرض إلى وجود ثانى أكسيد الكربون فى ماء البحر بكميات هائلة.

ونتيجة لزيادة استهلاك مواد الطاقة، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى، أن زادت معدلات الارتفاع فى درجات حرارة الغلاف الجوى للأرض فيما يطلق عليه اسم ظاهرة الصوبة الزجاجية. ويعزى ذلك إلى صفات غاز ثانى أكسيد الكربون نفسه، فهو غاز شفاف بالنسبة للضوء المرئى والموجات فوق البنفسجية، أى أن الضوء المرئى والموجات فوق البنفسجية ينفذان عبر ثانى أكسيد الكربون بسهولة تامة ويصلان إلى سطح الأرض ولكنه (غاز ثانى أكسيد الكربون) يمتص الموجات تحت الحمراء معنى ذلك أن معظم موجات الضوء الآتية من الشمس (أساسا ضوء مرئى وموجات فوق بنفسجية) تنفذ إلى سطح الأرض ولا يعيقها ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الهواء مما يزيد من درجة حرارة الهواء الجوى وسطح الأرض خصوصا فى فصل الصيف. وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض بفعل أشعة الشمس الساقطة عليها، ينبعث من هذا السطح بعض الإشعاعات الحرارية (أساسا أشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة)، ولا تستطيع هذه الإشعاعات الحرارية أن تنفذ عبر غاز ثانى أكسيد الكربون، بل يمتصها هذا الغاز ويحتفظ بها ومن ثم ترتفع درجة حرارته وبالتالى ترتفع درجة حرارة الغلاف الجوى.

ونظرا لأن درجة حرارة سطح الأرض هى محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع عليها من أشعة الشمس وبين ما ينعكس من سطحها إلى الفضاء الخارجى. فإن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تؤدى إلى الإخلال فى هذا التوازن، حيث تقلل من كمية الطاقة الحرارية المنعكسة من سطح الأرض إلى

الفضاء الخارجى، وذلك بالاحتفاظ بها ممتصة فى غاز ثانى أكسيد الكربون، مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، ويكون ذلك بصورة مضطردة مع زياده تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى.

ويقدر بعض العلماء أن التركيز الحالى لثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تزيد من درجة حرارة سطح الأرض بنحو درجة ونصف درجة مئوية وتزيد درجة الحرارة بحوالى ستة درجات إذا تضاعف تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى عن تركيزه الحالى.

ولم يتم التأكد من تلك المعلومات حتى الآن.

وهناك العديد من التساؤلات الحائرة التى لا تجد إجابة عن الزيادة المتنبأ بها ومنها: هل تزيد درجة الحرارة المتوقعة، من كمية بخار الماء من البحار والمحيطات؟ ومن ثم تحدث زيادة أخرى فى درجات حرارة الغلاف الجوى للأرض؟. ذلك أن بخار الماء يمتص الموجات تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض مثله مثل غاز ثانى أكسيد الكربون؟

أم أن زيادة بخار الماء يؤدى إلى تكون سحب كثيفة فوق سطح الأرض تحجب أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض، ومن ثم تنخفض درجة حرارة سطح الأرض عن معدلها الحالى؟

وإذا زادت درجة حراره الغلاف الجوى فإن قدرا كبيرا من الثلوج المتراكمة فوق القطبين سوف تذوب وتضاف مياهها إلى البحار والمحيطات؟

وهل تؤدى زيادة درجة حرارة السطح العلوى لمياه البحار والمحيطات إلى انخفاض دوران، وزيادة تنضد Stratification (طبقة فوق طبقة) مياه المحيط، ومن ثم تنخفض قدرة المحيط على استيعاب كميات أكبر من ثانى اكسيد الكربون الجوى؟

ويعود اهتمام المختصين بشئون البيئة بموضوع التغير فى درجات الحرارة إلى أهمية الأحوال المناخية بالنسبة للزراعة والنباتات بصفة عامة.

كما أن الفرق فى درجة حرارة فى عصرنا الحاضر ودرجة الحرارة فى آخر عصر جليدى شهدته الأرض هو نحو أربع درجات مئوية. وعلى هذا الأساس فإن أى زيادة أو نقص فى درجة حرارة الغلاف الجوى سوف تكون له انعكاسات هامه على الحياة على سطح الأرض.

وهناك من يرى أنه لا توجد علاقة بين التغير فى درجات الحرارة خلال القرن الحالى وبين التغير فى نسبة ثانى أكسيد الكربون الغلاف الجوى. وقد زادت درجة الحرارة فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية بنحو ٠,٦ درجة فى المتوسط خلال الفتره من ١٨٩٠ و١٩٤٠م، ومنذ ذلك الوقت انخفضت درجة الحرارة بنحو ٠,٣ درجة مئوية، مما يؤكد عدم ارتباط التغير من درجات حرارة الغلاف الجوى وتركيز ثانى أكسيد الكربون فيه. وأن هناك عوامل أخرى غير معروفة هى المسئولة عن التغيرات فى الأحوال المناخية أهمها درجة الحرارة على سطح الأرض.

الغبار يسبب التغيرات المناخية:

يربط بعض العلماء بين تركيز الدقائق particulate أو الغبار بصفه عامة، فى الغلاف الجوى وبين التغيرات المناخية، فالدقائق الصلبة (سواء المتطايرة فى الهواء الجوى بسبب النشاطات الإنسانية أو النيازك الدقيقة الساقطة من الفضاء الخارجى إلى الغلاف الجوى للأرض) تزيد من ظاهرة البياض(*) - وهى نسبة الضوء المنعكس على سطح تلك الدقائق الصلبة من أشعة الشمس.

وإذا صحت هذه الفرضية فإن انخفاضا فى درجة الحرارة سطح الأرض سوف يكون متوقعا مع زيادة كمية الغبار فى الغلاف الجوى بسبب النشاط الصناعى المتزايد. الجدير بالذكر أن الدقائق تمتص بعض الإشعاعات ثم تعيد إطلاقها. وتتوقف أطوال موجات الضوء المنطلقة على حجم الدقائق وتركيبها.

وعلى هذا الأساس فإن زيادة درجة حرارة الغلاف الجوى أو انخفاضها يتوقف بدرجة كبيرة على تركيز الدقائق فى الغلاف الجوى وتركيبها المعدنى والكيميائى.

(*) تعرف ظاهرة البياض فى اللغات الأجنبية باسم Albedo وهى كلمة عربية.

ولا يستمر بقاء الدقائق الصلبة فى الهواء الجوى زمنا طويلا ويتراوح فترة بقائها عادة بين ثلاثة إلى خمسة أيام. كما أن الدقائق المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى لا تزيد عن ١٠٪ من مجموع الدقائق المعلقة فى الغلاف الجوى. فأغلب الدقائق الصلبة فى الهواء آتية من الفضاء الخارجى وهى النيازك(*)، ومن ثم فإن الدقائق المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى ليس لها أثر كبير فى تغير المناخ.

نقص الأوزون فى طبقة الستراتوسفير:

تعود معرفة الإنسان بالأوزون إلى نهاية القرن الثامن عشر حينما لاحظ فون ماروم Von Marum رائحة مميزة عند إمرار تيار كهربائى فى غاز الأكسچين وذلك فى عام ١٧٨٥م.

وقد عزا كريستيان شونباين C.F Schounbein فى سنة ١٨٤٠م هذه الرائحة إلى تكون غاز جديد أطلق عليه اسم الأوزون، وهو من الكلمة اللاتينية أوزو OZO ومعناها أنا أشم.

وفى سنة ١٨٤٦م يبين سوريت Soret أن الأوزون هو صورة من صور الأكسچين، حيث يتكون الجزىء فيه من ثلاث ذرات من الأكسچين.

والأوزون غاز ذو رائحة خانقه مميزة وتشبه رائحة السمك. وتبلغ كثافته مرة ونصف كثافة الأكسچين وهو أقل ذوبانية من الأكسچين فى الماء ولكنه أكثر منه ذوبانية فى حمض الخليك ورابع كلوريد الكربون... إلخ.

ولون الأوزون فى الحالة الغازية أزرق باهت، وفى الحالة السائلة أزرق يميل إلى الأسود.

(*) النيازك من كلمة نيزة أو نيزك الفارسية ومعناها السهم، وهى أجسام صلبة تتساقط على سطح الأرض من الفضاء الخارجى، ويدخل كل يوم آلاف من هذه الأجسام الغلاف الهوائى، ومعظم هذه النيازك صغيرة الحجم مثل حبة الرمل أو أصغر، وتسمى النيازك الدقيقة. غير أن بعض النيازك يتراوح وزنها من عدة كيلو جرامات إلى عدة أطنان، وأثناء دخولها إلى الهواء تتفتت وتتطاير منها الدقائق الناعمة.

ويوجد الأوزون فى الهواء الجوى بنسبة جزء إلى مائة مليون جزء بالحجم تقريبا. وإذا زادت هذه النسبة إلى الضعف أصبح الهواء ساما وخطيرا على الإنسان والحيوان.

وإذا استنشق الإنسان كمية ضئيلة من الأوزون أصيب بالصداع، وإذا زادت كميته فى الهواء قد يسبب الوفاة.

يستخدم الأوزون فى تعقيم الأطعمة وتنقية مياه الشرب وتطهير دورات المياة العامة؛ وذلك لأنه يقتل البكتريا التى تنمو فيها.

ويستخدم الأوزون كذلك فى إزالة الألوان غير المرغوب فيها فى الزيوت والعاج وغيرها؛ وذلك لأنه يؤكسد ويحلل المركبات العضوية المسببة للألوان. ويستخدم الأوزون كذلك فى بعض الصناعات الكيميائية مثل تحضير برمنجانات البوتاسيوم وصناعة زيت الكافور والمطاط الصناعى وغيرها.

ويتكون الأوزون فى الغلاف الجوى نتيجة التفريغ الكهربائى فى طبقات الجو العليا، وكذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الأكسجين، حيث يتحلل بعض جزئيات الأكسچين إلى ذرات، لتعاود اتحادها مع الجزئيات مكونة الأوزون.

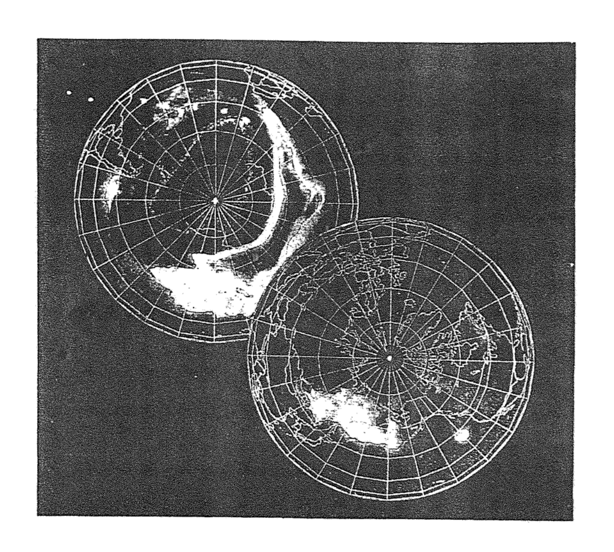
وتتحلل بعض جزئيات الأوزون إلى الأكسچين، وينتج عن تكون وتحلل الأوزون بهذه الطريقة أن تظل نسبة الأوزون ثابتة فى الجو. ويعتمد ذلك على الضغط ودرجات الحرارة.

وتبلغ أقصى تركيز لهذه النسبة على ارتفاع ٢٥ كم تقريبا (شكل ١٦).

أما قرب سطح الأرض فإن الأوزون يتحلل بسرعة أكبر بتأثير ذرات الأتربة وبعض المركبات الكيميائية المخلوطة بالهواء الجوى. وبالتالى تقل نسبته كثيرا.

وتتكون كمية كبيرة نسبيا من الأوزون على شواطىء البحار.

وتقوم طبقة الأوزون فى نطاق الستراتوسفير بحجب الأشعة فوق البنفسجية وتبددها فى الفضاء الخارجى ومن ثم لا يصل منها إلى سطح الأرض إلا قدر ضئيل لا يؤثر على الأحياء تأثيرا يذكر.



شكل (٥٦)

صورة تبين تركيز غاز الأوزون فى طبقات الجو العليا فوق نصف الكرة الجنوبى ونصفها الشمالى فى ٣٠ / ٩ / ١٩٩٢ - المناطق الحمراء والصفراء مناطق يزداد فيها تركيز غاز الأوزون، أما المناطق الزرقاء فقد قل فيها تركيز الأوزون مكونا ما يعرف باسم ثقب الأوزون (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

ومعروف أن الأشعة فوق البنفسجية تسبب سرطان الجلد عند التعرض لها لفترة طويلة.

ويتكون غاز الأوزون فى نطاق الستراتوسفير التى يتراوح ارتفاعها من ١٠ إلى ٤٠ كم فوق سطح الأرض، بفعل الأشعة فوق البنفسجية على الأكسچين، حيث يتفكك الأكسچين الجزئى إلى ذرات الأكسچين كما فى المعادلة التالية:

$$O_2 \xrightarrow{\text{أشعة الشمس}} O + O$$

ويتبع هذا التفاعل تفاعل آخر يتحد فيه الأكسچين الذرى بجزيئات الأكسچين مكونا الأوزون:

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

وكما ذكرنا آنفا فإن غاز الأوزون غاز غير ثابت ويتفكك بسهولة، وبخاصة فى وجود عوامل مساعدة أهمها مركبات النتروچين والكلور والفلور وغيرها:

$$O_3 \quad + \quad NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ثانى أكسيد النتروچين اكسيد نتريك أوزون

كذلك يتفكك الأوزون بتفاعله مع ذرات الأكسچين النشطة:

$$O_3 + O \longrightarrow 2\,O_2$$

كما يتفكك الأوزون بفعل أيونات الهدروكسيل النشطة:

$$OH + O_3 \longrightarrow HO_2 + O_2$$

بيروكسى هدروكسيل هدروكسيل

$$HO_2 + O \longrightarrow OH + O_2$$

ولمركب البيروكسى هدروكسيل (HO_2) دور فعال فى تكون شبورة الغاز الضوء كيميائية السابق الإشارة إليها.

ويختفى فى التفاعلين السابقين الأوزون وذرة أكسچين نشطة، ولا يختفى البيروكسى هدروكسيل النشيط، ومن ثم يستمر هذين التفاعلين دون توقف.

ويتصاعد إلى طبقة الستراتوسفير أكسيد النتروز (N_2O) ويتكون هذا المركب النتروچينى على سطح الأرض بفعل التفاعلات الحيوية للبكتريا وغيرها فى التربات الزراعية والمواد العضوية الأخرى.

ويتغير أكسيد النتروز الخامل كيميائيا بفعل العمليات الضوء كيميائية فى طبقات الجو العليا، إلى أكسيد النتريك النشيط (NO):

$$N_2O + O_2 \xrightarrow{\text{أشعة الشمس}} NO + N$$

أكسيد النتروز   أكسيد نتريك

ويتفاعل أكسيد النتريك مع الأوزون مثلما يتفاعل الهدروكسيل مع الأوزون ويفككه.

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

أكسيد نتريك   أوزون   ثانى أكسيد نتروچين   أكسچين

$$NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2$$

وفى هذين التفاعلين لا تختفى أكاسيد النتروچين، بل تتغير من صورة إلى أخرى، وأما الذى يختفى فهما الأوزون والأكسچين الذرى. ويستمر هذين التفاعلين ما دام وجدت فى الجو أكاسيد النتروچين.

وبسبب هذه التفاعلات وأشباهها يتغير تركيز الأوزون فى طبقة الستراتوسفير، زيادة أو نقصا بمقدار ٢٥٪ فى مواقع خاصة وأوقات معينة يوميا. ويتوقف ذلك على مدى انطلاق المركبات الكيميائية الحافزة على تفكك الأوزون (شكل ١٦).

وهناك ثلاثة أنواع من النشاطات الإنسانية من شأنها أن تؤثر على تركيز الأوزون فى الغلاف الجوى فيما يعرف باسم طبقة الأوزون، وهذه الأنشطة هي:

(١) انبعاث أكاسيد النتروچين من الطائرات النفاثة، الأسرع من الصوت، والتى تحلق عادة على ارتفاعات كبيرة.

(٢) زيادة استخدام المخصبات الأزوتية (النتروچينية) فى الزراعة.

(٣) انطلاق أيونات الكلور والفلور النشطة فى الهواء الجوى، والتى تتصاعد إلى نطاق الستراتوسفير وتتفاعل مع الأوزون فى وجود محفزات وتفككه إلى الأكسچين.

وتوجد بعض الأدلة على أن زيادة نسبة غاز أكسيد النتريك (NO) فى طبقة الستراتوسفير لا تؤدى بالضرورة إلى تـفكك وتدمير الأوزون، حيث يدخل أكسيد النتريك فى تفاعل مع أيونات البيروكسى هدروكسيل (HO_2) النشطة كما يلى:

$$NO + HO_2 \longrightarrow OH + NO_2$$

ثانى أكسيد نتروچين   بيروكسى هدروكسيل   أكسيد نتريك

وفى هذا التفاعل يخـتفى البيروكسى هدروكسيل ويتكـون أيون الهيدروكسيل (OH) وثانى أكسيد النتروچين.

ومعروف أن البيـروكسى هدروكسيل (HO_2) مركب كيـميائى هام فى تحلل وتفكك جزئيات الأوزون أكثر من أكسيد النتريك، والهدروكسيل.

وعلى هذا الأساس فـإن زيادة تركيـز أكسيـد النتريك (NO) فى طبـقـة الستراتوسـفير لا يؤدى إلى تفكك الأوزون؛ لأن أكسيد النتـريك يستهلك أيونات البيروكسى هدروكسيل (HO_2) النشطة والتى تؤدى إلى تفكك الأوزون إذا وجدت فى الهواء الجوى.

ويعتقد أن بخار الماء المنطلق مع عـادم الطائرات النفاثة الأسرع من الصوت، والتى تطيـر على ارتفاعـات شاهقـة، يعتـقد أن بخـار الماء هذا له دور فى تفكك جزيئات الأوزون، على أسـاس أن بخار الماء هذا هو مصدر أيونات الهـدروكسيل النشطة التى تتفاعل مع الأوزون وتحلله.

$$OH + O_3 \longrightarrow HO_2 + O_2$$

أكسچين   بيروكسى هدروكسيل   أوزون   هدروكسيل

مركبات الكلوروفلوروكربون:

مركبات الكـلوروفلوروكربون مركبات كيـميائية عضوية غيـر ضارة وخاملة كيميـائيا. وهى أنواع عديدة، وأغلبها يوجد فى الحـالة الغازية فى درجات الحرارة العادية، وتسيل بسهـولة تحت الضغط، وتستخدم كمـادة دافعة فى صناعة العطور والمبردات وغيرها.

ونظرا لخمولها الكيـميائى فإنها قد تبقى فترة طويلة فـى الهواء الجوى حينما تضاف إليه، وتحملها تيارات الهواء إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوى.

وتتحلل هذه المركبات جـزئيا بفعل أشعة الشمس (الأشعة فـوق البنفسجية) فى طبقات الجو الـعليا، وينتج عن ذلك تكون ذرات الكلور والفلور النشطة والتى تتفاعل مع الأوزون وتحلله:

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

ويلاحظ فى هذين التفاعـلين عدم اختفاء ذرات الكلور أو الأكـسچين. بل تختفى فقط جزيئات الأوزون.

ويقدر العلمـاء أنه باستمرار انطلاق مـركبات الكلوروفلوروكربون بكـميات كبيرة فى الهواء الجوى يؤدى إلى اختفاء (تحلل) نحو ٤ ـ ٣٠ ٪ من جملة الأوزون فى نطاق الستراتوسفير.

ويرى كثير من العلماء أن مركبات النتروچين وثانى أكسيد الكربون ومركبات الكلوروفلوركربون والدقائق الصلبة العالقة، وربما غيرها.. تتعاون جميعا فى تحلل وتفكك جزئيـات الأوزون فى طبقة الستـراتوسفير، وأن هناك خطرا مـتزايدا على حياه الإنسان والحيوان والنبات على سطح الأرض بسبب النقص فى تركيز جزئيات الأوزون فى الغلاف الجوى للأرض.

وفى عام ١٩٨٥ وجد بعض الباحثين أن تركيز جزئيات الأوزون قد تناقصت فوق المنطقة القطبية الجنوبية خلال الفترة ١٩٧٩ ـ ١٩٨٥ بشكل واضح فى أوائل أكتوبر من كل عام (وهو بداية الربيع فى هذه المنطقة) وهو ما عرف فيما بعد باسم ثقب الأوزون. ولم يتفق العلماء على تفسير نقص الأوزون فى هذه المنطقة القطبية وهل ذلك بسبب النشاط الإنسانى أم لأسباب طبيعية.

وهناك من يرى أن نقص وتدمير طبقة الأوزون فى القطب الجنوبى (ثقب الأوزون) سوف يؤدى إلى رفع درجة حرارة سطح الأرض بنحو ٥,٥ درجة مئوية، مما يزيد من انصهار الجليد من القطبين ويرفع منسوب المياه فى البحار والمحيطات مما يؤدى إلى غرق العديد من المدن الساحلية ودلتات (دالات) الأنهار الكبرى مثل دلتا نهر النيل وبنجلاديش وغيرها، وانتشار سرطان الجلد بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى تنفذ من الشمس إلى سطح الأرض.

وعلى النقيض من ذلك فإن زيادة تركيز الأوزون فى الهواء الجوى يؤدى إلى تلوث الهواء وإصابة الإنسان بالأمراض (جدول ٨)

جدول (٨)

تأثير غاز الأوزون على الإنسان

تركيز الأوزون فى الهواء الجوى جزء / مليون	
٠,٢	لا يشعر الإنسان بألم
٠,٣	التهاب فى الحلق والزور
١ ـ ٣	إعياء شديد بعد التعرض لمدة ساعتين
٩	استسقاء رئوى حاد

ويوضح هذا الجدول أن وجود الأوزون فى الهواء الجوى بتركيز يزيد عن جزء واحد فى المليون يعد خطرا على الإنسان.

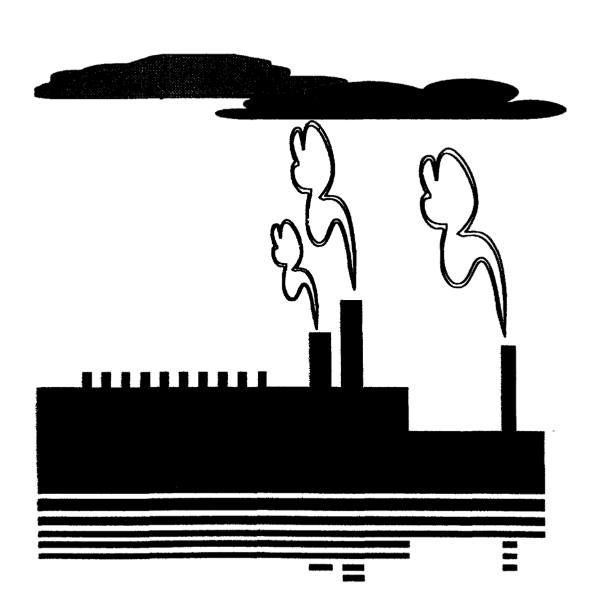
والأوزون يضر النباتات بصفة عامة، فنحو ٢, جزء فى المليون من هذا الغاز فى الهواء الجوى تتلف محـاصيل التوباكو والطماطم والبقـوليات وأشجار الصنوبر وغيرها. ويؤدى الأوزون إلى إعاقة النمو فى تلك النباتات حتى لو لم تظهر عليها أعراض ظاهرة.

وعند التـركيزات الـعالية من الأوزون (١٥ ـ ٢٠ جـزء فى المليـون) تصاب أوراق النباتات بالتلف الشديد، وتفقد أوراق بعض النباتات ألوانها الخضراء وتصبح عديمة اللون، وتصاب بالموت والجفاف.

■●●●■

الفصل الخامس

تلوث الماء وعلاجه



بسبب خاصية الماء الفريدة، وهى قدرته الفائقة على إذابه المواد الصلبة، فإن لا توجد ميـاه نقية نقاءا مطلقـا على سطح الأرض، فكل المياه على سطح الأرض هى فى الواقع محاليل مائية متفاوتة التركيب الكيميائى والتركيز أيضا.

وأكثـرالمواد الصلبـة الذائبة فى الميـاه هى كلوريد الصوديوم أو ملح الطـعام والذى أسماه الكيـميائيون العرب فى العصـور الوسطى باسم الملح الحلو (وأطلقوا على السكر اسم الملح الهندى).

وما دامـت كل المياه، بما فـيها مـياه الأمطـار، هى محالـيل مائيـة لأملاح وغازات متـنوعة. فالمشكلة تتركـز فى تحديد نوعية الميـاه (أو المحاليل الكيميـائية) وصلاحيتـها للأغراض المختلفة كالشرب والرى والصـناعة... إلخ، فلكل مجال من هذه المجالات نوعـية مـعينة من الماء تصلح لهـا وقد لا تصلح لغيـرها بنفس الدرجة.

وقد دأب الإنـسان ومنذ قـرون عديدة على التـخلص من النفايات الصلـبة والسائلة المتـخلفة عن نشاطاته المتنوعة،وذلك بإلـقائها فى مياه الأنـهار أو البرك. ولكثير من هذه المخلفات خواص سامة.

ولم يكن الإنسـان فريدا فى هذا السلوك، فـميـاه الأمطار والسيـول تذيب الأملاح وتجرف التربة وتسحب مكوناتها الصلبة غـير الذائبة وتلقيها فى الأحواض المائيه كالبحار والبرك والأنهار.

وقد تكـونت ملوحة ميـاه البحـار فى الزمن الماضى بهذا الأسلـوب، حيث يفترض أن مياه البحار كانت فى البدء مياها عذبة نقية، ثم جلبت مياه الأمطار إلى تلك البحار الأملاح المتنوعة من فوق سطح الأرض اليابسة.. وشيئا فشيئا تكونت ملوحة مياه البحار بصورتها الحالية.

تلوث الماء:

يقصد بتلوث الماء إضـافة مكونات مادية إليه أو رفع درجـة حرارته، بحيث تجعله ضارا للإنسان والحيوان والنبات والأحياء المائية بصفة عامة.

فالمياه الملوثة هى ميـاه تحتوى على مواد غير مرغوب فـيها، سواء كانت هذه المواد أملاحا سامة أو غـير سامة، مواد ذائبة أو غير ذائبة، عضـوية أو غير عضوية . . إلخ؛ وذلك بسبب إضافـة مياه الصرف الصـحى أو المبيدات الحشرية ومـبيدات الأعشـاب والقوارض. وغـيرها من المركبـات الكيمـيائيـة المتخلفة عن الـنشاطات الصناعية والزراعية للإنسان. وتؤدى هذه المواد المضـافة إلى الماء إلى تغير الصفات الفيزيائية والكيمـيائية للماء وتسممه وتقضى على الأحـياء المائية فيه. وإذا وصلت هذه الملوثات، بطريقـة مباشـرة أو غير مـباشرة إلى جـسم الإنسان أو الحـيوان أو النبات أصابته بالضرر، سواء ظهر ذلك الضرر عاجلا أم آجلا.

ولا يقـتصـر تلوث الماء على التلوث الكيـميـائى، بل يشمل أيضـا التلوث البيولوجى بمـعنى احتواء المياه على كائـنات عضوية مجهـرية حية أو ميـتة وتسبب الضـرر للإنسـان والحيـوان الذى يسـتـخدم تلك المـياه الملوثة سـواء للشـرب أو الاستحمام أو فى أى غرض من أغراض الحياة.

صلاحية المياه للشرب:

يجب الحصول على المياه التى تستخدم للاستهلاك الآدمى من مصادر مناسبة غيـر ملوثة، ويجب فحص تلك الميـاه للتأكد من صـلاحيـتها للشـرب سواء من الناحية الكيـميائية أو البيولوجيـة (احتوائها على البكتريا والفـيروسات) وأن تكون مياها رائقة خالية من العكارة.

كذلك يجب فـحص الخواص الطبـيعـية لمياه الشـرب مرة كل أسـبوع على الأقل، وأن تحتوى الميـاه على أقل قـدر ممكن من العكارة واللون والرائحة والطعم وأن تكون خالية من الأملاح الضارة بصحة الإنسان.

وفى حالة المياه المستخدمة فى الأغراض الصناعية يجب أن تكون هذه المياه عديمة الرائحة وخالية من المواد الصلبة العالقة أو العائمة، وأن تكون المياه مشبعة بالأكسچين، وألا يقل تركيز الأكسچين الذائب فى الماء عن مليجرام واحد لكل لتر من الماء (كمتوسط يومى) وأن يتراوح رقمها الهدروچينى من ٥ إلى ٩، ودرجة حراراتها حوالى ٢١ درجة مئوية. وألا تزيد المواد الصلبة الذائبة فى الماء عن ٧٥٠ مليجرام لكل لتر من الماء (كمتوسط شهرى).

والمياه المستخدمة فى الاستحمام يجب أن تكون رائقة وخالية من الشوائب، وألا تقل كمية الأكسچين الذائبة فيها عن مليجرام لكل لتر ماء. وأن تكون خالية من البكتريا.

ويجب ألا يقل تركيز الكلور فى مياه الحمامات عن ٠,٤ جزء فى المليون بصفة مستمرة فى أثناء استخدام مياه الحمامات فى السباحة.

المواد الملوثة للمياه:

هناك عدد من المواد الملوثه للمياه إذا أضيفت إليها مثل:

١ ـ مياه الصرف الصحى.

٢ ـ الأحياء المجهرية المسببة للأمراض.

٣ ـ المركبات الكيميائية.

٤ ـ المواد المعدنية الصلبة.

٥ ـ المواد المشعة.

٦ ـ الحرارة.

١ . التلوث بمياه الصرف الصحى ومخلفاته:

تعد مياه الصرف الصحى ومخلفاته، والتى يعوزها الأكسچين الذائب، من أكثر المواد الملوثة للمياه، وذلك لاحتوائها على العديد من الملوثات الكيميائية والبيولوچية (البكتريا والفيروسات المسببة للأمراض).

وتحتوى مخلفات الصرف الصحى على كميات كبيره من المواد الكربوهدراتية والتى يمكن أن تؤكسدها الأحياء المجهرية إلى ثانى أكسيد الكربون والماء. ويمكن تقدير التلوث بمخلفات الصرف الصحى بحجم أو كمية جزئيات الأكسجين اللازمة للبكتريا الهوائية كى تحلل هذه المواد الملوثة.

وكلما زادت كمية الأكسچين التى تستهلكها البكتريا التى تقوم بتحليل وتفكيك المواد العضوية فى مخلفات الصرف الصحى، دل ذلك على شدة التلوث أو وفرة المواد الكربونية الملوثة للماء.

وهناك وحدة قياسية تستخدم فى هذا الشأن، وهى كمية الأكسچين الذائبة فى الماء والتى تستهلكها البكتريا فى اثناء أكسدتها وتفكيكها للمواد الملوثة للماء خلال خمسة أيام، وتقدر عادة بالمليجرام. وتعرف فى اللغة الإنجليزية باسم.

5 - day BOD (Bacterial Oxygen Demand test)

وواضح أنه كلما قلت الملوثات فى المياه احتاج الأمر إلى مجهود محدود نسبيا من البكتريا لأكسدة وتحليل تلك الملوثات إلى مواد بسيطة مثل الماء وثانى أكسيد الكربون وغيرها، والعكس صحيح.

أما المياه شديدة التلوث فإنها تحتاج إلى مجهود بكتيرى أكبر فى تحليل هذه الملوثات المركبة إلى مواد أبسط. ومن ثم تقل كمية الأكسچين الذائبة فى هذه المياه، حيث تستهلكها البكتريا فى عملها هذا (وهى بكتريا هوائية أى تحتاج إلى الأكسچين).

وتصبح المياه عفنة إذا انخفضت فيها نسبه الأكسچين الذائب انخفاضا شديدا.

وعادة لا يقل تركيز الأكسچين الذائب فى الماء عن ٥مليجرام/ لتر. وتزيد هذه النسبة فى المياه الباردة، وبخاصة فى الأماكن التى تضع فيها الأسماك بيضها، حيث يصل تركيز الأكسچين الذائب فى هذه المواقع إلى ٧ مليجرام لكل لتر.

وتوصف المياه بأنها مشبعه بالأكسچين إذا وصل فيها تركيز الأكسچين الذائب فى الماء إلى حوالى ٩,٢ مليجرام/ لتر عند درجة حرارة نحو ٢٠مْ (٦٨فهرنهايت).

وفى حالة عدم كفاية الأكسچين الذائب فى الماء للبكتريا التى تقوم بتحليل المواد العضوية الملوثة، فإنه يمكن الحصول على الأكسچين من أملاح النترات وأملاح الكبريتات الذائبة، وذلك بتفكيكها. وينبعث خلال ذلك غازات ذات روائح غير مرغوب فيها مثل غاز كبريتيد الهدروچين ذو الرائحة المميزة والتى تشبه رائحة البيض الفاسد. فانبعاث هذا الغاز يعنى تحلل المركبات العضوية المحتوية على الكبريت بواسطة الأحياء المجهرية.. وهى عملية تتم بصورة تلقائية فى مياه الصرف الصحى ومياه البرك والمستنقعات... إلخ.

ويدل انبعاث غاز كبريتيد الهدروچين من مياه الصرف الصحى والبرك والمياه الراكدة الملوثة وغيرها يدل ذلك على عدم كفاية الأكسچين الذائب فى هذه المياه لاحتياجات البكتريا التى تحلل بصوره تلقائية المركبات العضوية الملوثة لتلك المياه.

وفى حالة وجود كمية مناسبة من الأكسچين الذائب فى الماء الملوث فإن الأحياء المجهرية تقوم بتحليل معظم المركبات العضوية إلى مواد بسيطة، ومن ضمن تلك المواد التى تتعرض للتحليل أملاح النترات وأملاح الحديدوز والكبريتيدات وغيرها.

وهناك مركبات كيميائية مؤكسدة قوية مثل برمنجانات البوتاسيوم يمكنها أن تؤكسد وتحلل مواد عضوية يصعب تحللها بالمؤكسدات العضوية. ولذا تستخدم برمنجات البوتاسيوم فى تطهير بعض المواد الملوثة أحيانا.

وفى واقع الأمر فإن عمليات تنقية وتطهير المياه بالمؤكسدات العضوية، يعد فى حد ذاته تلوثيا إضافيا للماء، حيث إن هذه المؤكسدات العضوية (الأحياء الدقيقة) تستهلك الأكسچين الذائب فى الماء، ومن ثم يصبح الماء خاليا من الأكسچين أو يعانى نقصا فيه، ويؤدى ذلك إلى الإضرار بالاحياء المائية مثل الأسماك فى تلك المياه، هذا بالإضافة إلى تغير طعم ورائحة ولون المياه المنقاة بهذا

الأسلوب بسبب تولد مواد كيميائية تسبب هذه التغيرات فى لون وطعم ورائحة المياه.

٢. الأحياء المجهرية المسببة للأمراض:

تعد المياه المستعملة والمخلفات السائلة لسكان المدن والمستشفيات ومدابغ الجلود والسلخانات. يعد كل ذلك مصدرا للبكتريا والفيروسات التى تسبب الأمراض المختلفة للإنسان والحيوان إذا تعرض لها

ويعود السبب فى ذلك إلى أن مجتمع ما كبيرا أو صغيرا، لا يخلو عادة من وجود أشخاص مرضى أو حاملين للأمراض. ويحتوى براز هؤلاء المرضى أو حاملى المرض، وكذلك مخلفاتهم السائلة الأخرى، على أحياء مجهرية نباتية أو حيوانية، وتنطلق تلك الأحياء المجهرية فى مياه الصرف الصحى وتعد من أخطر ملوثات المياه.

وهناك العديد من الأمراض المعدية التى تصيب الإنسان والحيوان من خلال المياه المستعملة بواسطة أشخاص مصابين بالأمراض أو حاملين لها.

وليست كل الأمراض المعدية تأتى وتصيب الإنسان عن طريق استعماله لمياه مستخدمة وملوثة.

وفيما يلى أمثلة للأمراض المعدية التى تنتقل من خلال المياه المستعملة الملوثة.

أ ـ أمراض معدية تنتقل من الحيوان إلى الإنسان:

١ ـ التيتانوس (الكزاز):

ينتقل هذا المرض من الخيول إلى الإنسان بواسطة غائط الحيوان الذى يحمل المرض فإذا لامس هذا الغائط جرحا فى جسم الإنسان انتقل على الفور إلى جسم الإنسان من خلال هذا الجرح.

٢ ـ الطاعون الدملى Bubonic Plague:

يمكن أن ينتقل هذا المرض من القوارض البرية بواسطة البراغيث التى تعيش فى فروة هذه الحيوانات وتتطفل على دمائها وينتقل الطاعون مع الدم إلى جسم

البرغوث. ويصبح حاملا له. فإذا وجد هذا البرغوث الملوث طريقة إلى جسم الإنسان بصورة أو بأخرى وتطفل - كعادته - على دم الإنسان، نقل إليه الطاعون.

٣ - الجمرة الفحمية أو الخبيثة Anthrax:

قد تنتقل هذه الجمرة إلى الإنسان من الحيوانات العاشبة (آكلة العشب) المصاب بها، ولذلك تكثر هذه الجمرة فى الأشخاص المخالطين والمحتكين بالحيوانات العاشبة سواء فى المراعى أو مزارع تربية الحيوانات وغيرها.

٤ - السعار أو مرض الكلب Rabies:

يصاب الإنسان بالسعار أو مرض الكلب وهو مرض قاتل إذا عضه حيوان مسعور (أى مصاب بالسعار).

٥ - الدرن البقرى Bovine tuberculosis:

ينتقل هذا المرض من الأبقار المصابة إلى الإنسان إذا تناول لحوم أو ألبان تلك الأبقار، أو حتى بواسطة الهواء الجوى.

٦ - حمى الأدغال الصفراء Jungle yellow fever:

تنتقل هذه الحمى من القردة المصابة بها إلى الإنسان بواسطة البعوض، الذى يتغذى على دماء تلك الحيوانات، ومن ثم يصبح حاملا لهذا المرض، فإذا تعرض الإنسان إلى لدغات تلك البعوض الحامل للمرض أصيب به.

٧ - التهاب الدماغ النخاعى Encephalitis:

هناك أنواع عديدة من التهابات الدماغ النخاعية قد تجد طريقها من الطيور والدجاج بواسطة البعوض.

ب - أمراض معدية تصيب الإنسان وتحتاج الميكروبات المسببة لها إلى عائل آخر غير الإنسان لتستقر فى جسمه بعض الوقت قبل أن تنتقل إلى إنسان آخر ومثال ذلك:

١ ـ البلهارسيا:

تعد البلهارسيا من الأمراض الخطيرة والمنتشرة فى كثير من بلدان العالم، ويزيد عدد المصابين بها عن ١٥٠ مليون شخص فى أفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية وغيرها.

والبلهارسيا مرض متوطن فى مصر واليمن وغيرها وهو من أكثر الأمراض المنتشرة فى وادى النيل، وقد عرفه المصريون القدماء، وعرفوا الدودة المسببة له وأطلقوا عليها اسم (حرو) وأنها تسبب مرض البول المدمم ـ وقالوا إن هذا الدود لا يقتله أى علاج، وإن كانوا قد وصفوا له العديد من الوصفات الطبية المدونة فى البرديات الطبية الفرعونية (انظر مثلا بردية إيبرس الطبية ـ الوصفة رقم ٦٢ وغيرها)، ويقول الدكتور حسن كمال ـ أن المقصور بكلمة (حرو) فى الوصفه الطبية رقم ٦٢ من بردية إيبرس الفرعونية، هو دود البلهارسيا[١٣].

وتحتوى البرديات الطبية الفرعونية على وصفات عديدة لعلاج وطرد ثعبان البطن، والدودة الشريطية، والدوسنتاريا وغيرها ـ انظر كتاب الطب المصرى القديم ـ الجزء الثانى للدكتور حسن كمال (١٩٦٥)[١٣].

نعود إلى البلهارسيا، وهى ديدان صغيرة، يتراوح طول الذكر فى ديدان بلهارسيا المجارى البولية من ١٠ إلى ١٥ مليمتر وعرضها ٢,٠ مليمتر، أما ديدان بلهارسيا المستقيم فهى أقل طولا إذ يبلغ طول الذكر نحو ٧ مم، والإنثى ١٤مم. وعندما تضع هذه الديدان البيض فى جسم الإنسان ويخرج البيض إلى الخارج مع البول أو البراز ويحتوى هذا البيض على يرقات كاملة التكوين تسمى الميراسيديوم، وإذا وجد هذا البيض طريقه إلى الماء امتص بعض الماء وفقس ويخرج منه ميراسيديوم مغزلى الشكل، ويبحث هذا الميراسيديوم عن عائل له وهو قوقع يسمى بولينس فى حالة بلهارسيا المجارى البولية، أو قوقع حلزونى منبسط يسمى بيومفلاريا فى حالة بلهارسيا المستقيم. ويعيش الميراسيديوم فى الماء مدة لا تزيد عن ٣٦ ساعة يهلك بعدها إذا لم يعثر على العائل المشار إليه آنفا، أما إذا صادفه فإنه يخترق جسمه حتى يصل إلى التجويف التنفسى للقوقع ويتحول فيه إلى كيس

جرثومى أنبوبى مستطيل يسمى الأسبوروسيست، وتنقسم الخلايا الجرثومية بداخل الكيس انقساما متكررا وينتج جيلا آخر من الأسبوروسيست، يهاجر إلى كبد القوقع، حيث يواصل الانقسام ويتولد من ذلك نوع جديد من اليرقات يسمى السركاريا طوله نحو ٥,٠ مم، ويتركب من جسم بيضى وذيل طويل يبلغ طوله ضعف طول الجسم البيضى، ويغطى جسم السركاريا أشواك صغيرة.

وتعتبر السركاريا هى الطور المعدى فى البهارسيا إذ إنها تترك جسم القوقع وتسبح فى الماء حتى تصادف الإنسان وهو عائلها النهائى فتخترق جسمه وتترك ذيلها فى الخارج وتسبح فى تيار الدم حتى تصل إلى القلب الذى يدفعها إلى الرئتين، وتعود إلى القلب الذى يدفعها فى الدورة الدموية العامة إلى أعضاء الجسم، وتكون قد تحولت إلى ديدان صغيرة، يعيش منها الذى يصل إلى الكبد. وقد تصل هذه الديدان إلى الكبد من طريق آخر غير الدورة الدموية، إذا يمكنها أن تخترق أنسجة الرئة إلى التجويف البلورى للجسم ثم تصل إلى الكبد بعد اختراقها للحجاب الحاجز، وتنمو هذه الديدان فى الكبد، ثم تترك الكبد وتتجه إلى الوريد البابى وفروعه وتستقر فيها وتضع البيض.. وهكذا.

وتحدث العدوى بالسركاريا إذا خاض الإنسان فى مياه ملوثة بهذه اليرقات أو اغتسل بهذا الماء أو شربه. وفى الحالة الأخيرة يصاب الإنسان بالعدوى إذا اخترقت السركاريا أغشيه الفم ووصلت إلى تيار الدم، أما إذا وصلت إلى المعدة فإنها قد تهلك بتأثير عصارة المعدة الحامضية.

٢ ـ الحمى الصفراء:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة البعوض.

٣ ـ Hookworm:

تنتقل هذه الديدان من التربة، حيث تخترق جسم الإنسان إذا لامسته.

٤ ـ الملاريا:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة البعوض.

٥ ـ حمى التيفوس:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة القمل.

جـ ـ عدوى تعيش مسبباتها وتتكاثر فى البيئة الخارجية، وتنتقل من شخص لآخر ومنها:

١ ـ الكوليرا وحمى التيفود والدوسنتاريا وشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائى . . . إلخ وهى أمراض تنتقل إلى الإنسان إذا شرب ماء أو أكل طعاما ملوثا.

٢ ـ الأمراض التى تسببها الميكروبات العنقودية والميكروبات السبحية والتى تنتقل إلى الإنسان من خلال الأطعمة الملوثة أو بتنفس هواء ملوث بهذه الميكروبات.

٣ ـ الجدرى:

يصاب الإنسان بالجدرى إذا استنشق هواء ملوثا بهذا المرض، خصوصا إذا كان الهواء يحمل ذرات غبار ملوثة.

٤ ـ أمراض تسببها فيروسات Coxsackie and ECHO:

ويصاب الإنسان بهذه الأمراض إذا شرب ماء ملوثا بتلك الفيروسات.

وكثير من الأمراض الوبائية الشائعة التى تصيب الإنسان بصفة متكررة تنتقل إلى الإنسان من خلال الماء الملوث ومثال ذلك الكوليرا والتيفود.

ويلزم لتقدير ومعرفة الأحياء الدقيقة (المجهرية) التى تنقل الأمراض إلى الإنسان من المياه الملوثة، تحليل عينات ممثلة تمثيلا جيدا للمياه الملوثة ويتم ذلك التحليل بطرق مختلفة وبتكاليف كبيرة عادة. وتعتمد هذه التحاليل على تقدير ما يسمى بالعدد الأقصى المحتمل Most probable number MPN للأحياء المجهرية فى عينة المياه.

وهناك بكتريا عصوية الشكل تسمى Escherichia coli تعيش فى أمعاء الإنسان والحيوان، وتخرج هذه البكتريا بكميات كبيرة فى براز الإنسان والحيوان.

وبقدر ما يخرج من تلك البكتريا فى البراز (على أساس مرة واحدة فى اليوم) يوميا بنحو ١٢٥ إلى ٤٠٠ بليون خلية بكتيرية واحدة من تلك الأحياء المجهرية.

وتموت معظم البكتريا فى مياه الصرف الصحى وغيرها، فإذا عولجت تلك المياه بوسائل مناسبة ماتت معظم تلك البكتريا.

كذلك تموت معظم البكتريا إذا وصلت إلى مياه الشرب خلال عمليات تنقية وتطهير تلك المياه.

وعلى الرغم من أن كثيرا من أنواع البكتريا غير ضار وغير مسبب للأمراض. إلا أن وجودها فى مياه الشرب ووفرتها، يعد مقياسا ودليلا على مدى كفاءة ونجاح عمليات معالجة المياه وتنقيتها؛ لأن عمليات معالجة مياه الشرب من شأنها أن تقتل كل البكتريا، الضارة والنافعة على السواء، ومن ثم فإن وجود بكتريا غير ضارة فى مياه الشرب يعد مؤشرا ودليلا على وجود بكتريا ضارة فى تلك المياه، حتى ولو لم تظهر فى العينات المفحوصة.

٣. المركبات الكيميائية:

كثير من المركبات الكيميائية الملوثه للمياه هى فى الواقع مغذيات للنباتات، مثل الأسمدة الكيميائية وهى مركبات نتروجين ومركبات فوسفور.

ويتسرب جزء من تلك الأسمدة إلى المياه السطحية وتزيد وتحفز مركبات النتروچين ومركبات الفوسفور من نمو الطحالب فى المياه السطحية.

وعندما يزيد نمو الطحالب فى المياه يقل تركيز الأكسچين الذائب فى الماء، ويقلل ذلك من جودة المياه وصلاحيتها للاستهلاك الآدمى، وتزيد من تكلفة معالجة المياه حتى تصبح صالحة للاستخدام الأدمى أو حتى الصناعى.

وتحتاج الطحالب للنمو إلى عدد من المغذيات المعدنية مثل:

- ثانى أكسيد الكربون.

- البورون.

- المنجنيز.

- الحديد.

- الفوسفور.

- النتروچين.

- الكوبالت.

- الفيتامينات.

- الهورمونات وغيرها.

ويرى بعض العلماء أن إزالة أى من المواد المغذية للطحالب من الماء الذى تعيش فيه تلك الطحالب، يؤدى إلى إعاقة أو وقف نمو تلك الطحالب. ولا يعرف، حتى الآن ماهى المغذيات التى إذا أزيلت أدت إلى وقف نمو الطحالب فى الماء. ويرى بعض العلماء أنه الفوسفور، ويرى آخرون أنه النتروچين وربما غيرهما من المغذيات المذكورة آنفا.

وهناك العديد من المركبات الكيميائية العضوية أو غير العضوية التى تضاف إلى المياه على سطح الأرض سنويا بفعل النشاط البشرى أو بفعل العوامل الطبيعية.

وتقدر تركيزات المركبات الكيميائية فى المياه بالجزء فى المليون ppm (بالوزن) أو بالمليجرام فى اللتر.

وبعض هذه المركبات الكيميائية سام للأسماك حتى لو كانت فى تركيزات منخفضة جدا. فالفينول مثلا سام للأسماك حتى لو وجد فى الماء بتركيز جزء واحد فى المليون.

ويظهر الأثر السام للمركبات الكيميائية الملوثة للمياه على الأسماك على المدى البعيد.

وتأتى خطورة المركبات الكيميائية السامة، والتى تضاف كميات كبيرة منها سنويا إلى المياه. فى أن تأثيراتها السامة على البيئة المائية لا تظهر أحيانا إلا بعد أن تكون قد دمرت البيئة المائية بأحيائها أو كادت.

وتعد مركبات الزئبق من أكثر الكيماويات تدميرا للبيئة المائية. وتستخدم مركبات الزئبق فى عدد كبير من الصناعات، ويتخلف من تلك الصناعات مياه ملوثة بمركبات الزئبق. وتلقى معظم المصانع فى العالم كله المياه المستعملة فى الصناعة وتحتوى على مركبات الزئبق وغيره، فى البحار والمحيطات والأنهار.

وهناك بكتيريا لا هوائية، تعيش فى طين القاع فى البحار والأنهار والترع، يمكنها أن تحول مركبات الزئبق غير العضوية إلى مركبات عضوية للزئبق مثل ميثيل الزئبق (CH_3Hg^+)

ويتركز ميثيل الزئبق فى أجسام الأسماك والقواقع وغيرها من الأحياء المائية، وتصبح ملوثة سامة وتصيب من يأكلها من البشر بالتسمم الزئبقى شديد الخطورة.

وقد تتلوث المياه السطحية أو الجوفية بالمياه الحامضية والتى تحتوى على حمض الكبريتيك إذا أضيفت إلى تلك المياه مياه الصرف الحامضية من المناجم العاملة أو المهجورة، حيث يذوب معدن البيريت (كبريتيد الحديد) الشائع الانتشار فى الصخور، يذوب هذا المعدن جزئيا فى المياه فى المناجم، وعند تعرض تلك المياه إلى الأكسجين وعوامل مؤكسدة أخرى تتحول المياه الكبريتية إلى حمض الكبريتيك الذى قد يجد طريقه فى النهاية إلى المياه الجوفية أو السطحية فيلوثها.

٤ . المواد المعدنية الصلبة:

تعد المواد المعدنية الصلبة ملوثة للبيئة المائية، وتشمل هذه المواد الأتربة التى تذروها الرياح من سطح الأرض، أو التى تجرفها المياه السطحية الجارية من التربات الزراعية وغيرها وتصبها فى نهاية المطاف فى الأجسام المائية السطحية

وتتجمع تلك المواد المعدنية الناعمة فى القنوات المائية والخزانات وغيرها من الأجسام المائية، ولهذه المواد المعدنية تأثير سلبى على توربينات توليد الكهرباء ومضخات المياه. . . إلخ.

ومعظم المواد المعدنية الصلبة لا تذوب فى الماء بل تظل معلقة فيه، وبخاصة عندما تكون فى أحجام دقيقة ويؤدى ذلك إلى تعكير الماء. وتقلل تلك العكارة من نفاذ أشعة الشمس إلى داخل الأجسام المائية واللازمة لحياة النباتات المائية. وتسد مرشحات المياه، وقد تغطى أعشاش الأسماك وتردم بيض الأسماك ومصادر غذاء الأسماك كذلك وينعكس ذلك سلبا على الثروة السمكية للأجسام المائية السطحية فى كثير من المواقع.

وهناك إحصائيات طريفة فى هذا الشأن تبين أن مياه الأنهار تنقل سنويا إلى البحار والمحيطات حوالى ٩,٣ بليون طن من مكونات سطح الأرض. وقد زادت هذه الكمية بعد تدخل الإنسان ووصلت إلى حوالى ٢٤ بليون طن. مما يعنى أن سطح القارات (الذى يغطى حوالى ٢٨٪ من سطح الأرض تقريبا) ينخفض بمعدل قدره ٥,٨ سم كل ألف سنة (ومعروف أن الإنسان يستخرج بعض رواسب البحار وينقلها إلى القارات).

٥. المواد المشعة:

يسبب النشاط الإشعاعى تلوثا إشعاعيا خطيرا للمياه. ويأتى ذلك بسبب النشاط الإشعاعى الناتج من المواد المشعة فى مخلفات المناجم التى تحتوى على معادن اليورانيوم والثوريوم وغيرهما من العناصر الكيميائية المشعة، ومن المحطات النووية ومن الصناعات الطبية والعلمية... إلخ.

وتأتى خطورة المواد المشعة فى كونها مدمرة لصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة، خاصة إذا كانت فى جرعات كبيرة مركزة ولفترات طويلة متصلة، حيث تصيب هذه الإشعاعات أجسام الكائنات الحية بالتشعع الداخلى وتكوين بؤر متأينة تؤدى للإصابة بالأمراض الخبيثة، وتؤدى كذلك إلى حدوث التشوهات الخلقية فى ذرية المتعرضين للإشعاعات نتيجة حدوث طفرات وتغيرات غير عادية فى چينات الوراثة فى الكائن الحى.

٦. الحرارة:

تستخدم كميات كبيرة من المياه فى تبريد محطات توليد الطاقة الكهربائية وغيرها، فترتفع درجة حرارة هذه المياه، فإذا وجدت هذه المياه الحارة طريقها إلى المياه السطحية كالأنهار والبحيرات فإنها ترتفع من درجة حرارة مياهها حتى أن درجة حرارة مياه بعض الأنهار تصل إلى ٤٠ درجة مئوية مما يجعل حياة الأسماك فيها أمرا مستحيلا. مما يعنى أن التلوث الحرارى للمياه السطحية قد يقضى على الحياة المائية فى هذه المياه.

مصادر تلوث المياه:

هناك العديد من المصادر التى تلوث المياه منها:

١ ـ المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية.

٢ ـ المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية.

٣ ـ المياه المستعملة فى الأغراض الزراعية.

٤ ـ المياه المستعملة فى السفن.

(١) المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية:

وتشمل المياه المستعملة فى المنازل والمحلات التجارية والمستشفيات والمصالح الحكومية والمدارس والجامعات وغيرها فى المدن والقرى. وتتجمع تلك المياه التى تحتوى على مركبات كيميائية عديدة ومتنوعة من خلال شبكات الصرف الصحى إلى محطات معالجة وتنقية تلك المياه المستعملة.

(٢) المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية:

توجد هذه المياه فى مواقع المراكز الصناعية، ويتوقف تركيب المياه المستعملة، ومن ثم نوع ودرجة تلوثها، على نوع الصناعة والمواد المستخدمة فيها.

وتعد المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية ملوثات خطيرة للمياه والبيئة بصفة عامة. ذلك أن معظم تلك المياه تكون محملة بكميات كبيرة من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية والبيولوچية الضارة بصحة المياه والبيئة كلها.

وتشكل المياه المستعملة فى الصناعة فى المدن والمراكز الصناعية نسبة عالية من مياه الصرف الصحى فى تلك المواقع، وذلك بسبب صرف مياه المصانع المستعملة فى شبكات الصرف الصحى.

وتعانى الأنهار فى كثير من دول العالم، ومنها نهر النيل، من التلوث بالمياه المستعملة فى النشاطات الصناعية، حيث تصب تلك المصانع والتى تقام عادة بالقرب من تلك الأنهار، تصب مخلفاتها المائية فى مياه الأنهار كطريقة سهلة ورخيصة.

وتحوى المياه المستعملة فى الصناعة على مركبات كيميائية مثل التى تستخدم فى الصناعة ذاتها مثل صناعة البتروكيمياويات وصناعة الأسمدة الكيميائية، ومحطات تكرير البترول،وصناعة الورق، والمطاط والنسيج والسكر والحديد والصلب والبويات والصناعات الدوائية والصناعات الغذائية وغيرها.

وتحتوى المياه المستعملة فى تلك الصناعات عادة على العديد من الفلزات الثقيلة مثل النحاس والزنك والرصاص والزئبق والكادميوم وغيرها وكذلك على المنظفات الصناعية والمذيبات العضوية والبترول والأحماض والقلويات والفينولات والكحولات والسيانيدات والزرنيخات والكلوريدات والكبريتات وغيرها من المركبات الكيميائية العضوية وغيرالعضوية السامة.

وكل المركبات الكيميائية المتخلفة عن النشاط الصناعى والتى تتركز فى المياه المستعملة فى هذا النشاط الصناعى سامة للإنسان والحيوان، وكثير منها يفضى إلى الموت أو إتلاف الكبد والكلى والجهاز العصبى والجهاز التنفسى والجهاز الهضمى فى كل الكائنات الحيوانية الحية.

فالكلور الذى يضاف إلى المياه المستخدمة فى أنظمه التبريد فى محطات توليد الطاقة الكهربائية وذلك لغرض الحد من نمو وتكاثر الطحالب والبكتريا فى هذه المياه، يؤدى هذا الكلور عندما يجد طريقه إلى الأجسام المائية السطحية من خلال المياه المستعملة إلى قتل البلانكتون والأسماك.

وهناك مناطق عديدة فى كل القارات أضيرت فيها الثروة السمكية فى الأنهار بسبب صب المياه المحملة بالكلور فى تلك الأنهار.

والزئبق كما ذكرنا آنفا عنصر كيميائى سام جدا مثله مثل الرصاص والكادميوم وغيرها. ويشكل الزئبق ناتجا جانبيا فى صناعة كلوريد الفينيل Vinyl Chloride الذى يستخدم فى صناعات كيميائية عديدة.

كذلك يتكون الزئبق كناتج ثانوى فى العديد من النشاطات الصناعية ومحارق القمامة incinerators ومحطات توليد الطاقة والمختبرات العلمية وحتى المستشفيات.

وهناك حوادث تسمم بالزئبق مشهورة مثل تلك التى وقعت فى اليابان من خمسينيات القرن العشرين إثر تناول الصيادين أسماك وأكلات بحرية مسممة بالزئبق (ميثيل الزئبق) والناتجة عن بعض الصناعات اليابانية التى كانت تصب مياهها المستعملة فى البحر.

وقد أصيب اليابانيون الذين تناولوا الأسماك والمحاريات المسممة بالزئبق بالشلل ومرض قاتل أطلقوا عليه اسم مرض ميناماتا Minamata disease نسبة إلى خليج ميناماتا الذى حدثت فيه هذه الحادثة.

وشملت أعراض مرض ميناماتا فقدان الحس والحركة فى الأطراف وفى الشفتين واللسان وعدم التحكم فى قيادة السيارات، وفقدان السمع، وعدم القدرة على الرؤية بوضوح ثم تحلل خلايا المخ والإصابة بالإغماء ثم الموت.

وقد مات بهذا المرض فى اليابان سبعة عشر شخصا وأصيب بالعجز التام ثلاثة وعشرون شخصا.

تلوث مياه الأنهار:

وقد تلوثت مياه العديد من الأنهار فى العالم بسبب صرف المياه المستعملة فى الصناعة فى تلك الأنهار، ومثال ذلك نهر النيل

وفى الهند تلوثت مياه الأربعة عشر نهرا الكبيرة بسبب صرف المياه المستعملة فيها.

ويحتوى اللتر الواحد من مياه نهر يدعى كوم Cooum فى منطقة مدراس، والذى تلوث بشدة بسبب صرف مجارى الصرف الصحى فيه، نقول يحتوى اللتر الواحد من مياه هذا النهر على الملوثات المعدنية التالية:

٩٠٠ مليجرام حديد.

٢٧٥ مليجرام رصاص.

١٣١٣ مليجرام نيكل.

٣٢ مليجرام زنك.

هذا بالإضافة إلى كميات كبيرة من أملاح الفوسفاتات والسيليكات والنترات وغيرها[١].

٣. التلوث بالمياه المستعملة فى الأغراض الزراعية:

تحتوى مياه الصرف من الحقول الزراعية على بقايا أسمدة كيميائية متنوعة ومواد معدنية من التربات الزراعية، بالإضافة إلى مخلفات حيوانات المزرعة. وتتجمع هذه المياه فى قنوات الصرف وقد تجد طريقها إلى الأجسام المائية السطحية أو الجوفية وتلوثها. أما مخلفات حيوانات المزرعة (روث البهائم وبولها) فتعد هى الأخرى ملوثات للبيئة خصوصا إذا تواجدت هذه المخلفات بكميات كبيرة كما هو الحال فى مزارع تربية المواشى والمعالف والمجازر وغيرها.

٤. مياه ومخلفات السفن:

هناك تقديرات مختلفة لعدد السفن والمراكب التى تبحر فى المياه على سطح الأرض. وتشير بعض التقديرات إلى وجود ١٥مليون سفينة ومركب مختلفة الأحجام تبحر فى البحار والمحيطات وكل الأجسام المائية السطحية المناسبة للإبحار.

ويقدر ما تلقيه تلك السفن من مخلفات سائلة وغائط وغيرها فى المياه العالمية والمحلية كلها بما يعادل مخلفات مدينة يقطنها مليونين من البشر.

وتحتوى مياه السفن هذه على المخلفات الآدمية لمستخدمى تلك السفن بالإضافة إلى البترول المتسرب من تلك السفن.

وتزداد خطورة هذه المخلفات فى تلويث المياه فى حالة الأنهار والبحيرات العذبة مثل نهر النيل، حيث تلقى السفن والمراكب التى تبحر فى النيل للأغراض السياحية أو النقل وغيرها، وكذلك العوامات الدائمة، تلقى كلها بمخلفات مستخدميها فى ماء النيل، فيزداد تلوثا على تلوثه.

وتعد المخلفات البترولية أخطر الملوثات، خصوصا تلك المتسربة من ناقلات البترول أو التى تجد طريقها إلى مياه البحار والمحيطات إثر حوادث ارتطام تلك الناقلات بأجسام صلبة كالشعاب المرجانية أو أرصفة الموانى وتحطم تلك الناقلات وتدفق حمولتها من البترول الخام إلى سطح الماء.

وبالإضافة إلى المخلفات البترولية المتسربة من السفن وناقلات البترول هناك مصدر آخر للتلوث البترولى للمياه وهى محطات تشحيم وغسيل السيارات والتى تستخدم كميات كبيرة من المياه فى غسيل السيارات وتصرف هذه المياه المستعملة مع المواد البترولية الأخرى إلى شبكات الصرف الصحى والتى تجد طريقها فى نهاية المطاف إلى الأجسام المائية السطحية كالأنهار والبحيرات والبحار.. إلخ فتلوثها.

الآثار الضاره لتلوث المياه:

تسبب المياه الملوثة العديد من الأمراض للإنسان والحيوان كما أن المواد الملوثة للماء تتركز فى سلسلة الغذاء المائية، حيث تتجمع الملوثات السامة فى أجسام الأسماك والأحياء المائية الأخرى من خلال الكائنات الحية الدقيقة التى تتغذى عليها هذه الأسماك وتنتقل هذه الملوثات من الأسماك إلى الإنسان إذا تغذى على الأسماك الملوثة كما تنتقل الملوثات إلى الطيور التى تتغذى على الأسماك.

ومن أخطر الملوثات التى تجد طريقها إلى جسم الإنسان من خلال الأسماك والأكلات البحرية الأخرى مثل القواقع هى:

- مركبات الكلور العضوية.
- مركبات الزئبق العضوية.
- بعض المواد المشعة.

وتتلوث مياه الآبار والقنوات والترع وغيرها بمركبات النترات المتبقية من الأسمدة الأزوتية وهى مركبات قد تؤدى إلى إصابة الإنسان بالأمراض الخطيرة. وتزيد خطورة هذه المركبات السامة على الأطفال بصفة خاصة.

والجدول (٩) يوضح الآثار السامة والأمراض التى تنشأ عن استعمال المياه الملوثة.

تلوث الشواطىء:

تعد الشواطىء مناطق ترويحية هامة يقضى فيها الناس أوقاتا سعيدة تجدد نشاطهم، هذا على أساس أن مياه تلك الشواطىء نظيفة خالية من الملوثات.

فإذا تلوثت مياه الشواطىء انعدم الهدف من استغلالها كمواقع ترويحية وعادة تغلق الشواطىء أمام الزوار فى حالة تلوثها بالبكتريا أو المواد الكيميائية السامة، أو عندما تنبعث منها روائح غير مقبولة (روائح عفنة).

وفى المواقع شديدة التلوث حيث تنمو الطحالب بكثافة عالية، ثم تموت هذه الطحالب وتتجمع أشلاوها فى طبقات أو فرش تطفو على سطح الماء، وتدفعها الأمواج وتكونها على الشاطىء.

وقد تختلط أشلاء الطحالب المتجمعة على الشواطىء الملوثة مع بعض الملوثات الصلبة العائمة أيضا مثل كتل القطران التى تتخلف بعد تبخر المواد الخفيفة من بقع البترول التى تتسرب بين الحين والحين من السفن وناقلات البترول، هذا بالإضافه إلى بقع الزيت التى تدفعها الأمواج لتستقر على الشواطىء الملوثة، وفى النهاية تصبح الشواطىء ملوثة وغير صالحة للاستخدام كمواقع لقضاء فترات ممتعة.

جدول (٩)

الأمراض التى تصيب الإنسان بفعل المياه الملوثة بالفلزات الثقيلة

الفلز	الأعراض المرضية التى تصيب الإنسان من المياه الملوثة
الزئبق	آلام فى البطن، صداع، إسهال، بول دموى (بول مدمم)، وآلام فى الصدر.
الرصاص	أنيميا، قيء، فقدان الشهية، التشنج العصبى، إتلاف المخ والكبد والكلى.
الزرنيخ	خلل فى الدورة الدموية، اضطراب عقلى، تليف الكبد، التهاب شديد فى قرنية العين، سرطان الرئة، تقرح المعدة والقناة المعوية، تليف الكلية.
الكادميوم	إسهال، إعاقة النمو، تشوه العظام، تلف الكلية، ضمور خصيوى، أنيميا، تلف فى مركز الجهاز العصبى والكبد، ارتفاع ضغط الدم.
النحاس	ارتفاع ضغط الدم، تسمم بولى (تسمم الدم البولى)، غيبوبة، حمى متقطعة (الإصابة بالحمى على فترات متقطعة).
الباريوم	إلعاب مفرط Ecessive Solivation (تكون اللعاب بصورة مفرطة)، قيء، إسهال، شلل، قولنج (مغص قولونى).
الزنك	قيء، فشل كلوى، تشنج وقتى.
السلينيوم	تلف الكبد والكلية والطحال، حمى، توتر عصبى، قيء، انخفاض ضغط الدم، فقد البصر، وأحيانا الموت.
الكروم سداسى التكافؤ	التهاب الكلى، تقرح القناة المعدية ـ المعوية، إصابة مركز الجهاز العصبى بالمرض، سرطان.
الكوبالت	إسهال، انخفاض ضغط الدم، التهاب رئوى، تشوه فى العظام، شلل.

وتتميز المياه التى تحتوى على كميات كـبيرة من المواد العضوية بأنها فقيرة فى محتواها من الأكـسچين الذائب، حيث يستهلك الأكسـچين فى هذه المياه بواسطة الأحيـاء المجهرية التى تعـيش فى هذه المياه وتتغـذى على المواد العضوية المنتـشرة فيـها. ثم تموت هذه الأحياء الـدقيقة وتتـحلل أجسامـها. ويؤدى تحلل تلك المواد العضـوية إلى استهـلاك الأكسچـين الذائب فى الماء. وفى هذه البيـئة لا يمكن أن تعيش الأسـماك فإمـا ان تموت أو تهجرها إلى مـياه نقية تحـتوى على الأكـسـچين اللازم لحياة تلك الأسماك.

ويعد تلوث المياه بمركبات الزئبق والعناصر الكيميـائية الثقيلة عاملا فعالا فى تقليل الثروة السمكية وتقليل فائدة الشواطىء.

معالجة المياه المستعملة

يمكن لأى وحدة نموذجـية لمعالجة مـياه الشرب أن تجـعل المياه نقية صـالحة للشرب. ويمكن إضافة الجـير وكربونات الصوديوم لجعل المياه أكثـر يسرا، كما أن إضافة الكربون النشط من شأنه تخليص المياه من اللون والرائحة إذا وجدا.

ويتم عادة كلورة المياه فى آخر مراحل تنقية المياه وذلك لقتل البكتريا (وأحيانا تكلور المياه فى بداية عمليات التنقية) والفيروسات الموجودة فى المياه.

ويجب أن يضاف الكلور بتركيز مناسب حـتى يظل تأثيره فعالا لفترة طويلة حتى تصل المياه إلى المستهلك.

وإذا احتوت مـياه الشرب المراد كلورتهـا، أى تنقيتهـا بواسطة غاز الكلور، على مركبات عـضوية فإن الكلور يتحد مع المواد العضوية مكونا مـركبات عضوية يدخل فيها الكلور مثل:

- الكلورفورم.
- رابع كلوريد الكربون.

ومركبات الكلور العضوية هذه مواد سامة وملوثات خطيرة للمياه وتؤدى إلى إصابة الإنسان الذى يشرب تلك المياه بالسرطان.

ولايوجد حتى الآن بديل مناسب يستخدم فى تنقية مياه الشرب بدلا من الكلور.

ومعروف أن الأوزون غاز سام للبكتريا وقاتل لها، ويؤدى إلى تدمير البكتريا والفيروسات أكثر من الكلور، ولا يؤثر الأوزون فى طعم المياه إذا أضيف إليها. ويعد استخدام الأوزون محدودا؛ لأنه أكثر تكلفة من الكلور فى تنقية مياه الشرب على نطاق كبير.

وتعتمد جودة المياه على عدد من العوامل هى:

١ ـ الخواص الفيزيائية للمياه مثل اللون والطعم والرائحة والتعكير ودرجة الحرارة والمواد المعلقة فيها.

٢ ـ محتوى المياه من الأحياء المجهرية.

٣ ـ محتوى المياه من المواد الكيميائية غير العضوية مثل القلويات والأكسچين الذائب، ودرجة حموضتها (والتى يعبر عنها بما يعرف بتركيز أيون الهدروچين PH)، والمواد الصلبة الذائبة، ودرجة عسر الماء.

٤ ـ محتوى المياه من المواد الكيميائية العضوية مثل المواد البترولية والفينول وغيرها.

٥ ـ النشاط الإشعاعى للمياه أو بمحتواها على الرادون ٢٢٦ ـ والرادون هو غاز مشع عديم الطعم واللون والرائحة وينتمى إلى مجموعة الغازات الخاملة، وهو أثقلها، ويتكون الرادون نتيجة التحلل الإشعاعى التلقائى للعناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم، ويتحلل هو بدوره إلى عناصر صلبة مشعة هى نظائر للبولونيوم والرصاص والبزموت والثاليوم.

كذلك يتوقف النشاط الإشعاعى للمياه على محتواها من عنصر الاسترنشيوم (٩) المشع.

وهناك معايير عالمية لجودة مياه الشرب بناء على اختبارات معينة تحدد درجة جودة المياه بناء على محتواها من الشوائب أو الملوثات.

والمياه الصالحة للاستعمال الآدمى يجب أن تكون عديمة اللون والطعم والرائحة وأن تكون خالية من البكتريا، كما ذكرنا سابقا، التى تسبب الإصابة بالأمراض.

ويجب التعرف على نوع وكمية الأملاح الذائبة فى الماء مثل الكربونات والبيكربونات والكلوريدات والكبريتات والفوسفاتات وأحيانا النترات (نترات الصوديوم والبوتاسيوم)، بالإضافة إلى أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد وغيرها.

وبعض الأملاح الذائبة تجعل المياه قلوية، وبعضها يجعل الماء عسرا مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم والحديد.

وبعض الأملاح سامة ويؤدى وجودها فى الماء إلى حدوث تفاعلات معينة، خصوصا إذا وجدت هذه المركبات الكيميائية بتركيزات عالية.

وتعتبر حامضية الماء والتى يعبر عنها بتركيز أيونات الهدروچين (PH) فى الماء صفة هامة فى جودة المياه.

ونقص الأكسچين الذائب فى الماء أو غيابه يجعل حياة الأسماك وغيرها من الأحياء المائية فى المياه أمرا مستحيلا.

وعندما تفقد المياه محتواها من الأكسچين تتكون فيها رائحة بسبب نشاط البكتريا غير الهوائية والتى تحلل وتفكك المركبات العضوية فى الماء إلى مركبات بسيطة ويتصاعد أثناء ذلك روائح مميزة للمياه الراكدة أو العفنة، وهى رائحة غاز كبريتيد الهدروچين والذى تشبه رائحته رائحة البيض الفاسد.

وزيادة نسبة الأكسچين فى الماء يسبب تآكل الأنابيب المعدنية التى يمر فيها الماء، وكذلك الآلات المعدنية التى يلامسها الماء مثل أجهزة التبريد وغيرها.

وقد تجد بعض المواد المشعة طريقها إلى المياه السطحية أو تحت السطحية (الجوفية) بفعل نشاط بشرى أو بعمليات طبيعية (چيولوچية) كأن تمر المياه فى صخور مشبعة بمواد مشعة أو يتسرب إلى الأجسام المائية مياه ملوثة بالمواد المشعة... إلخ.

ويجب قياس النشاط الإشعاعى للمياه قبل استخدامها فى الصناعات أو الأغراض الإنسانية الأخرى.

معالجة المياه المستعملة:

يتم معالجة مياه الصرف الصحى عبر ثلاثة مراحل هى:

١ . المرحلة الأولى:

ويتم فى هذه المرحلة فصل المواد الصلبة بوسائل ميكانيكية مناسبة، حيث تمر المياه على مصافى معدنية ذات فتحات مناسبة، حيث يتم فصل المواد الصلبة الكبيرة، وتترسب المواد المعدنية فى أحواض مناسبة، وفى هذه المرحلة أيضا يتم فصل المواد الطافية والرغاوى من فوق سطح المياه بوسائل مناسبة.

٢ . المرحلة الثانية:

ويتم فى هذه المرحلة فصل كل أو معظم المواد العضوية من المياه بوسائل متعددة. ويتم أيضا كلورة المياه لقتل البكتريا.

٣ . المرحلة الثالثة:

ويتم فى هذه المرحلة فصل بقية الملوثات من المياه وأهمها مركبات الفوسفاتات والنترات الذائبة فى الماء. وفصل الفوسفاتات عملية معقدة وعالية التكاليف.

ويمكن فى حالات معينة استخدام المياه بعد تنقيتها فى المرحلة الثانية، فى رى النباتات. وتحتوى هذه المياه على مركبات الفوسفاتات والنترات والتى تعد مغذيات للنباتات.

وهناك طرق متعددة لإجراء المرحلة الثالثة فى مراحل معالجة وتنقية المياه المستعملة منها:

١ ـ استخدام مواد كيميائية مخثرة، ومرشحات مناسبة، وتتفاعل المواد المخثرة مع المواد المعلقة فى المياه مكونة مواد جديدة يمكن إزالتها بعد ذلك.

٢ ـ استخدام الكربون المنشط لإمتزاز المركبات الكيميائية والروائح من المياه.

٣ ـ استخدام مواد كيميائية مؤكسدة مثل الأوزون وفوق أكسيد الهدروچين (H_2O_2) والكلور وغيرها.

٤ ـ استخدام وسائل التبادل الأيونى فى تنقية المياه، ويستخدم فى هذه الطريقة موارد طبيعية مثل الزيوليت Zeolites (*)، أو مواد صناعية مثل الراتنجات Resin وباستخدام أجهزة خاصة وفى هذه العملية يتم تخليص المياه من كثير من محتوياتها الأيونية الذائبة فيها.

٥ ـ التحليل بالكهرباء فىَ وجود أغشية مناسبة تمرر فقط الكاتيونات، أو الأنيونات، وتتجمع على هذه الأغشية أو الحواجز جزئيات المواد العضوية، أو تستخدم أغشية معينة تفصل المواد الذائبة عن المياه.

٦ ـ التنقية البيولوچية: وفى هذه الطريقة يتم تنقية المياه بواسطة البكتريا الهوائية والطحالب، حيث توضع المياه فى أحواض غير عميقة (عمقها نحو متر) ويضاف إلى الماء المستعمل بكتريا هوائية وطحالب خاصة يمكنها أن تتغذى على المواد العضوية الموجودة فى المياه فى وجود أشعة الشمس.

ويجب تنظيف هذه الأحواض بصفة دورية كل عدة سنوات.

طرق التخلص من نفايات السفن:

تلوث السفن المياه بالقائها مياه الصرف الصحى لنزلائها فى الماء، بالإضافة إلى البترول والزيوت المستعملة فى آلات هذه السفن والتى تجد طريقها أيضا إلى المياه فتلوثها.

(*) مجموعة الزيوليت عبارة عن مواد معدنية مائية، سيليكاتية ألومينية للصوديوم والكالسيوم بصفة رئيسية. ولهذه لمعادن خاصية امتصاص الكاتيونات من الماء.

وهناك تقديرات متفاوتة لحجم المياه المستعملة والملوثات الأخرى التى تلقيها السفن فى المياه سنويا وأغلب المياه المستعملة فى السفن تلقى فى مياه البحار والأنهار وغيرها على حالتها، وبدون معالجة.

وعلى الرغم من أن كمية المياه المستعملة فى السفن والتى تلقى فى المياه، تعتبر كمية محدودة نسبيا بالمقارنة مع حجم ملوثات المياه الأخرى على مستوى العالم، إلا أن هناك مناطق تعانى بصورة مركزة وخطيرة من التلوث بمياه الصرف الصحى للسفن ومن تلك المناطق نهر النيل فى مصر، حيث يوجد عدد كبير من السفن والعوامات والتى تعمل فى مجال السياحة. وتقذف هذه السفن بمخلفات ركابها فى مياه النيل من أسوان حتى القاهرة

وبالطبع يصعب على معظم تلك السفن أن تستخدم وحدات صناعية لمعالجة وتنقية مياه الصرف الصحى الخاصة بها لأسباب اقتصادية وحتى بالنسبة للسفن الكبيرة.

ويتم التصرف فى المياه المستعملة ومخلفات الصرف الصحى فى السفن بالوسائل التالية:

١ ـ استخدام أحواض لاستقبال وتخزين المياه المستعملة ومخلفات الصرف الصحى لنزلاء السفن لحين الوصول إلى الشاطئ والتخلص منها. وعلى الرغم من بساطة هذه الطريقة وسهولتها الظاهرية إلا أنها تحتاج إلى وسائل نقل خاصة لنقل تلك الأحواض من المراكب إلى أماكن مناسبة للتخلص من محتوياتها وكذلك استخدام مواد كيميائية للقضاء على الروائح التى تتكون فى هذه الأحواض وتنبعث منها فى أثناء رحلة السفينة وقبل التخلص منها. هذا بالإضافة إلى الحاجة إلى وجود إمكانيات خاصة على الشواطئ لنقل وتفريغ تلك الأحواض.. إلخ وهذا غير متاح فى كل الأحوال.

٢ ـ استخدام محارق خاصة لحرق تلك الفضلات، وهذا أسلوب غير متاح بالطبع فى معظم المراكب، حيث يحتاج الأمر إلى فصل المواد الصلبة عن المواد السائلة فى مخلفات الصرف الصحى فإذا أمكن التخلص من

المواد الصلبة بحرقها تبقى مشكلة المواد السائلة قائمة بدون حل عملى مناسب.

٣ ـ استخدام وسائل بيولوجية للتخلص من تلك الفضلات والملوثات. وهذا أيضا غير متاح إلا فى حالة بعض المراكب العملاقة.

٤ ـ استخدام مراحيض خاصة مثل تلك المستخدمة فى الطائرات النفاثة وهذا أيضا غير متاح فى معظم الأحوال.

مما سبق يتضح أن مشكلة تلوث المياه بمخلفات الصرف الصحى للسفن لازالت قائمة وخاصة فى الأنهار مثل نهر النيل فى مصر.

التلوث بالبترول:

يأتى معظم تلوث المياه بالبترول من حوادث اصطدام السفن أو جنوحها ومن أبراج حفر آبار البترول على الشواطئ أو تحت سطح الماء.

وقد وقعت فى الآونة الأخيرة بعض حوادث ناقلات البترول وكان لها دوى عالمى مسموع. ومن أكبر تلك الحوادث حادثة ارتطام الناقلة العملاقة تورى كانيون Torrey Canyon والتى كانت تحمل ١٠٠,٠٠٠ طن من البترول الكويتى لصالح شركة يونيون كامبانى للزيت. وقد انفلقت الناقلة بسبب ارتطامها بالصخور فى منطقة كورنوال بانجلترا إلى نصفين، ثم تمزقت بعد ذلك ثلاث قطع بتاريخ ١٨ مارس ١٩٦٧، وتدفقت حمولة الناقلة من البترول إلى الماء مكونة واحدة من أخطر عمليات تلوث الماء بالبترول فى العالم.

وبعد حادثة تورى كانيون وقعت عشرات الحوادث سنويا لناقلات عملاقة. وكانت تجرى محاولات لاحتواء برك الزيت المتجمعة فوق سطح الماء فى كل حالة.

وكانت هناك ثلاثة طرق لاحتواء بقع أو برك الزيت والسيطرة عليها ومنع انتشارها وهى:

١ ـ إحاطة بقعة الزيت وحصارها فى نطاق ضيق محدود بواسطة حواجز ميكانيكية عائمة حتى يتم التخلص من البقعة أو إزالتها.

٢ ـ جمع الزيت بواسطة شفـاطات ميكانيكية أو إلقاء مـواد ماصة على بقع الزيت مثل التبن والقش وغيرها.

٣ ـ إضافة مواد كيميائية لإذابة بقع الزيت.

وتعـد الطريقة الثـالثة بـاهظة التكاليف وبطيـئة ولا تصلح لحـالات التلوث الكبيرة.

وبالإضافة إلى حوادث ارتطام ناقلات البتـرول وتسرب البترول منها، فهناك عملية مستمرة تتم فى ناقـلات البترول وتؤدى إلى تلوث الماء بالبترول، حيث يقوم ربان الناقلة بملئ خزاناتها بالماء بعـد تفريغ حمولتها من البـترول وذلك لحفظ اتزان النقالة فى أثناء رحلتها، ثم تفريغ الماء فى البحر عند وصول الناقلة إلى ميناء شحن البترول. وبالطبع يحتوى هذا الماء على قدر كبير من البترول الذى يلوث الماء.

ويمكن تصور مقدار تلوث المياه بالبترول إذا عرفنا أن عدد ناقلات البترول فى العالم يبلغ ٤٠٠٠ ناقلة، وتحـمل هذه الناقلات نحو ألف مليون طـن من البترول سنويا.

ويقدر ما يتـدفق من البترول إلى الماء من الناقلات حـوالى ١ ٪ من إجمالى ما تنقله، أى حوالى عشرة ملايين طن سنويا.

ويزداد حجم البترول الذى تنقله الناقلات سنويا وبالتالى يزداد أيضا ما يتدفق منها إلى سطح البحر ويلوث الماء.

وعندما يتـدفق البتـرول على سطح الماء فإنه ينتـشر بسرعـة على سطح الماء مكونا طبقة رقيقة تحركها الأمواج ليزداد اتساعها بمرور الوقت.

وبمرور الوقت تتطاير المكونات الخـفيـفة من البـترول الخام تاركـة المكونات الثقـيلة على سطح الماء. ويتم تحلل جزء من المكونات الثـقيلة للبتـرول من خلال التفاعلات البيولوچية ولكن بمعدل بطـئ ومحدود أيضا، ولا يؤثر كثيرا على البقع الكبيرة.

وتتجمع المكونات الثقيلة للبترول وهى القطران بفعل حركة أمواج البحر إلى كتل أكبر تتقاذفها الأمواج وتجمعهــا حينا وتفرقها حينا آخر، وتوزعها فى مساحات كبيرة فى أحوال أخرى.

وأول مخاطر تلوث الماء بالبترول هو قتل الطيور البحرية شكل (١٧)، حيث يتسرب البــترول بين ريش الطائر ويطرد الهواء ويحل محلــه. وللهواء الموجود بين ثنايا ريش الطائر فائدة كبيرة فهــو يعزل الماء من جسم الطائر ويساعده على الطيران والطفو والعوم فوق الماء.

وعندما يتسرب الزيت فى داخل الريش يصبح جسم الطائر أكثر برودة وأكثر قابلية للإصابة بالأمراض. وتقل كذلك مقدرته على الطيران.



شكل (١٧)

بعض الطيور البحرية وقد تغطت بالزيت المتسرب من إحدى ناقلات البترول فى سنة ١٩٧٨م على ساحل ويلز البريطانية. ويرى عمال الإنقاذ فى محاولة لعلاج تلك الطيور ونقلها إلى مراكز متخصصة (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وقد نفق نحو ١٠٠,٠٠٠ طائر إثر حادثة الناقلة توري كانيون في سنة ١٩٦٧م، ولم ينج من الموت إلا حوالي ١٠٠ طائر من بين الـ ٥٧٠٠ طائر التي التقطها المهتمون بحياة الطيور البرية والبيئة من وسط بركة البترول. وقاموا بتظيف أجسامها في محاولة لإنقاذ حياتها.

ولا يعرف كثيرا عن تأثير تلوث الماء بالبترول على حياة الطحالب، وتجرى دراسات منذ فترة لغرض التعرف على التأثير البعيد المدى للتلوث البترولي على البيئة البحرية بصفة عامة.

ووجد الباحثون بعض المركبات الهدروكربونية في البيئة البحرية مثل 3,4 - benzpyrene وهي مادة مسرطنة وتتركز هذه المادة في بعض الأسماك والقشريات وسرطان البحر والكابوريا وغيرها.

التلوث بالمياه المستعملة في الأغراض الصناعية:

يتخلف عن النشاط الصناعي ويصاحبه تكون كمية كبيرة من المياه الملوثة بالمركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية، بالإضافة إلى المواد الصلبة المعلقة في المياه المستعملة.

فالصناعات الغذائية وصناعة الدواء والمنسوجات والألياف الصناعية والورق والصناعات الكيميائية المتنوعة وتكرير البترول والصناعات البتروكيميائية وصناعة المطاط والبويات والصناعات المعدنية .. إلخ، كلها يصاحبها وينتج عنها مياه مشبعة بالأحماض والقلويات والمواد السامة الأخرى من مركبات عضوية وغير عضوية والمواد المسرطنة، بالإضافة إلى أيونات العناصر الكيميائية الثقيلة والفوسفور والفلور والسيليكا (من صناعة الأسمدة) والزئبق من صناعة الكيماويات... إلخ وتجد هذه المياه الملوثة طريقها إلى المياه السطحية أو الجوفية وتلوثها.

وتؤدي هذه المياه الملوثة بالكيماويات إلى قتل الأسماك والأحياء المائية الأخرى. وتموت عشرات الملايين من الأسماك سنويات بفعل الملوثات المتنوعة المتدفقة إلى المياه السطحية من مصادر متعددة وأشهرها مبيدات الحشرات ومبيدات

الأعشاب وغيرها مثل كبريتات النحاس التى ترش على حواف الترع والقنوات لمقاومة الطحالب، والمياه المحملة بحمض الكبريتيك المتسربة من مناجم الفحم والتى قد يصل تركيز حمض الكبريتيك فيها من ١٠٠ إلى ٦٠٠٠ جزء فى المليون، والكلور من مياه الحمامات، ومياه الصرف الصحى، والجازولين المنسكب على حواف الطرق أثر حوادث انقلاب السيارات، وكذلك الرصاص المتخلف من عوادم السيارات والذى يترسب على جوانب الطرق وتغسله الأمطار وتصبه فى المجارى المائية والترع، ومخلفات الدواجن ومخلفات المجازر... إلخ. والمياه المحملة بالقلويات مثل الصودا الكاوية وحمض الكبريتيك من مصانع الحديد والصلب، ومخلفات مصانع الألبان. كل ذلك قد يجد طريقه فى نهاية المطاف إلى المياه السطحية ويلوثها.

معالجة المياه المستعملة فى الصناعة:

يمكن معالجة المياه المستعملة فى الصناعة بنفس طرق معالجة مياه الصرف الصحى، أى من خلال ثلاث مراحل، أولى، وثانية وثالثة كما ذكرنا آنفا.

وعموما إذا عرفت المواد الملوثة فى المياه المستعملة فى الصناعة فإنه يسهل عملية معالجة وتنقية تلك المياه وتخليصها من الملوثات.

وتصلح المعالجة البيولوجية للمياه المتخلفة عن صناعة الألبان والصناعات الغذائية.

وقد تترك تلك المياه لتجف فى أشعة الشمس مما يعنى فقد الماء بالتبخر. وفى حالات أخرى يمكن استخلاص مواد كيميائية من المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية.

وتلجأ بعض المصانع للتخلص من مياهها المستعملة الملوثة وذلك بضخها فى آبار عميقة تحفر خصيصا لهذا الغرض. ويطبق هذا الأسلوب فى بعض مصانع الكيمياويات وصناعة الدواء.

ويتم حقن تلك السوائل السامة فى آبار عميقة تتراوح أعماقها من عدد قليل من مئات الأمتار وحتى ٤٥٠٠ مترا تحت سطح الأرض.

ويفضل فى هذه الحالة أن تحقن السوائل السامة فى طبقات صخرية مسامية مثل حجر الرمل وحجر الجير أو الدولوميت، وهى صخور ذات مسامية عالية تسمح باستيعاب السوائل المحقونة فيها

ويجب حقن السوائل المراد التخلص منها عند عمق أكبر من عمق مستوى سطح الماء الجوفى فى المنطقة، وأن تكون المنطقة خالية من الخامات والرواسب المعدنية، أو عيون الماء أو الآبار الجوفية.

ومن أشهر المحاولات التى تمت للتخلص من السوائل الصناعية السامة بحقنها فى آبار عميقة تلك التى قام بها الجيش الأمريكى فى بداية الستينيات من هذا القرن، حيث قام بحقن سوائل سامة فى آبار عميقة فى منطقة جبال الروكى فى الولايات المتحدة الأمريكية، وكان عمق الآبار حوالى ٤ كم.

وبعد حقن تلك السوائل لوحظ زيادة النشاط الزلزالى فى المنطقة بطريقة غير طبيعية. ثم توقف ضخ السوائل فترة من الزمن، فانخفض على الفور معدل وقوع الهزات الزلزالية. ثم عاود النشاط الزلزالى الصعود مع عودة ضخ السوائل فى الآبار. وقد ربط الچيولوچيون بين وقوع الهزات الأرضية وضخ السوائل المستعملة فى آبار دنفر. وتفسير هذه الظاهرة هو أن السوائل المحقونة تحت ضغط تتسرب عبر الشقوق والفواصل وتملأ المسام فى الصخور، وتعمل هذه السوائل وكأنها شحم. على تسهيل حركة وانزلاق الصخور على جوانب الصدوع ووقوع الزلازل.

وقد تلجأ بعض شركات الصناعات الثقيلة إلى تعبئة المياه السامة المتخلفة عن الصناعة، فى براميل كبيرة والقاء تلك البراميل فى البحر. وهذا أسلوب خاطئ فى التخلص من النفايات السامة إذ أن البراميل سوف تتآكل وتتسرب محتوياتها إلى ماء البحر وتلوثه وتلوث الأسماك، ثم تنتقل تلك الملوثات من الأسماك إلى الإنسان إن آجلا أو عاجلا

وقد لجأت بعض المصانع إلى القاء مثل تلك البـراميل المعبأة بالمياة السامة فى مياه صحلة سبيا وغنية بالأسماك مثل بحر الشمال وبعد اكتشاف هذه الواقعة قام المهتمون بحماية صحة البيئة بانتشال براميل السوائل السامة وتخلصوا من محتوياتها بطرق أكثر أمانا.

التلوث الزراعى:

يقصد بالتلوث الزراعى ذلك التلوث الناتج عن النفـايات والمخلفات الزراعية وتربيـة الحيـوانات وغيـرها من النشاطات المـرتبطة بالزراعة، ومن هذه المخلفـات السبـاخ المتخلفـة عن الزرائب ومعـالف الحيوانات والمفـرخات ومـعالف الدواجن ومخلفـات المجازر، ومـخلفات الأسمـدة الكيمـيائية الـتى تستخـدم فى تسمـيد المحاصيل الزراعية ويتسرب جزء منها إلى مياه الصرف الزراعى، بالإضافة إلى بقايا المبيدات الحـشرية ومبيـدات الأعشاب والتى يتطاير جزء منهـا فى الهواء الجوى أو يتسـرب بعضهـا مع مياه الصرف وتجـد طريقها إلى الأجـسام المائية السطحـية أو الجوفيـة وأخيرا الأملاح وحبـيبات التربة التى تجـرفها الرياح أو المياه وتصـبها فى المجارى المائية وتلوثها.

وتسبب هـذه المواد تلوثا خطيرا للبـيئة بصـفة عـامة والمياه بصـفة خـاصة. فالأمونيا المنطلـقة من معالف ومحطات تربية الحيـوانات إلى الهواء الجوى، ونظرا لقابليـة الأمونيا للذوبان فى الماء فـإنها تذوب فى ميـاه الأمطار وتسقط على سطح الأرض وتسرب إلى المياه السطحية أو المياه الجوفية الضحلة وتلوثها.

وتحتوى نفايـات المعالف على بكتريا قد تسبب الأمراض للإنســان، وتتسرب هذه البكتريا إلى المياه السطحية وتلوثها.

والنترات ملوثات خطيرة للماء، وهـى قابلة للذوبان فى الماء ومن ثم قد تجد طريقها إلى المياه السطحية وكذلك المياه الجوفية الضحلة

وتشكل مخلفات المحاصيل الزراعية والحدائـق تلوثا للبيئة بصفة عامة. ذلك أنها تعـد ملاذا آمنا لكثـير من أمراض النبـاتات، وللآفات الزراعـية إذا تركت فى العراء دون علاج

فإذا أحرقت مخلفات المزارع والحدائق فإنها تلوث الهواء الجوى بالدخان والمركبات الكيميائية الغازية مثل الهدروكربونات وأول أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت وغيرها.

ويفضل كثير من المزارعين حرق مخلفات زراعاتهم حتى لا تصبح هذه المخلفات كعائل للآفات والحشرات الزراعية.

الجدير بالذكر أن مخلفات النباتات كالقش والتبن تستخدم فى أغراض متعددة مثل امتصاص السوائل فى الاصطبلات والشون الزراعية وكذلك كمادة ماصة للزيت على الشواطئ وسطح الماء، وكذلك كطبقة تحمى النباتات الصغيرة من البرد أو الحر كما هو الحال فى الحدائق فى المناطق الباردة، حيث تفرد هذه المخلفات على سطح الأرض بين الأشجار لحمايتها من البود، ومن عيوب هذه الطريقة هى أن الآفات الزراعية تحتمى فى هذه المخلفات وتنتقل من فصل زراعى إلى الذى يليه.

ويستخدم التبن كغذاء للمواشى ـ وإن كانت له قيمة غذائية محدودة.

وتجرى محاولات فى الدول الأوروبية لتحويل المخلفات الزراعية إلى غاز الميثان أو الميثانول لاستخدامها كوقود.

كذلك تستخدم المخلفات الزراعية فى صناعة أنواع رخيصة من الورق المقوى.

وتجدر الإشارة إلى أن مخلفات قطع الأخشاب فى الغابات والتى تترك عادة فى الغابة تعد ملجأ للحشرات والآفات التى تصيب الأشجار. كما تعد هذه المخلفات مصدرا لخطر آخر وهو حرائق الغابات.

وبالإضافة إلى الملوثات السابقة فإن هناك أنواعا أخرى من الملوثات الزراعية وهى الأمراض والعدوى التى تنتقل من الحيوانات المريضة وتصيب الحيوانات والدواجن وحتى الإنسان أحيانا.

وكذلك الحيوانات النافقة والتى تشكل خطرا آخر حيث تترك تلك الحيوانات الميتـه فى العراء أو حـتى تلقى فى المياه كـما بفعل الناس فى مـصر حـيث يلقون بأجسام الحيوانات الميتة فى النيل.

وإذا تركت أجسام هذه الحـيوانات فى العراء فإنها تتـعفن وتطلق منها روائح كريهة، بالإضافة إلى كميات خيالية من البكتريا والتى تنتشر فى البيئة وتلوثها.

وفى أحـيان أخـرى يتم التـخلص من الحيـوانات الميـتة بـإلقائهـا فى الآبار المهجورة ويؤدى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية.

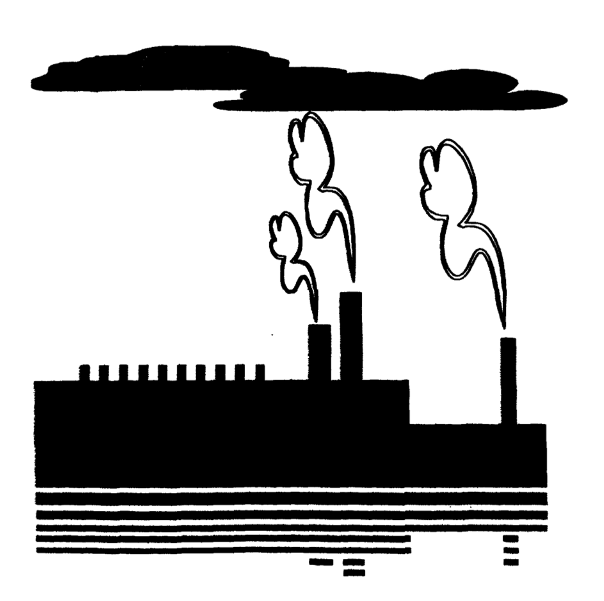
ويتم فى القرى التخلص من النفايات السائلة بإلقائها فى آبار أو حفر صرف خاصـة بكل منزل. وتمتص التربة جزء من هذه الميـاه ويتسرب جزء آخـر إلى المياه الجوفية فتلوثها.

ويحصل كثـير من سكان القرى على احتياجـاتهم من المياه من آبار ضحلة، مياهها مـلوثة فى الغالب بالنفايات السائلة والصلبة المتـسربة إلى تلك المياه من آبار الصرف والتى قـد لاتبعـد كثيـرا عن آبار مياه الشـرب، وكلاهمـا آبار ضحلة فى الغالب.

■●●●■

الفصل السادس

المعايير الميكروبيولوچية لجودة المياه في المناطق الحارة



توجد الأحياء المجهرية بكثرة فى الطبيعة. ومن ثم تجد هذه الكائنات طريقها بسهولة إلى المياه السطحية فى كل مكان، بل وقد تتسرب إلى المياه الجوفية الغير عميقة..

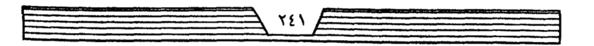
ويشير محتوى أى جسم مائى طبيعى من الأحياء الدقيقة (وبخاصة الأحياء النباتية) إلى تاريخ هذه الجسم المائى ونوع وكمية الأحياء النباتية الدقيقة التى عاشت فيه واتخذته مقرا.

وتحتوى المياه تحت السطحية غير العميقة فى الغالب على أنواع معينة من الأحياء الدقيقة، وهى التى تعيش فى التربة، وتعرف باسم كائنات التربة الحية الدقيقة، وقد تسربت هذه الأحياء مع المياه السطحية من التربة إلى أسفل حتى وصلت إلى المياه الجوفية الضحلة.

أما الأجسام المائية الطبيعية السطحية كمياه البرك والترع وغيرها فإنها تتميز بتنوع الأحياء النباتية الدقيقة فيها. بحيث تشمل مجموعة أحياء غير متآلفة.

وللمحتوى الغذائى للأجسام المائية دور رئيسى فى محتوى هذه المياه من الأحياء الدقيقة، فالمياه الغنية بالغذاء تكثر فيها الأحياء الدقيقة، حيث تجد هذه الكائنات حاجتها من الغذاء اللازم لنموها وبقائها. وأما المياه الفقيرة فى محتواها من الغذاء فتكون فقيرة أيضا فى محتواها من الأحياء الدقيقة. ويتوقف ذلك أيضا على عوامل بيئية عديدة مثل درجة الحرارة وكمية ضوء الشمس التى تسقط على تلك المياه، ومدى ملائمة الغذاء للأحياء الدقيقة.

وقد يتشكل لدى الباحثين فى شئون المياه وجودتها وصلاحيتها للأغراض المتنوعة صورة متكاملة عن حالة الأجسام المائية وتاريخها ومدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة... إلخ من وفرة وتنوع الأحياء الدقيقة فى تلك المياه.



فكلما كانت الأجسام المائية غنية بالأحياء الدقيقة كانت بيئة مناسبة لحياة وتكاثر الأسماك والأحياء المائية الأخرى فيها. كما يستخدم هذا المعيار فى تقدير صلاحية المياه للاستخدامات المتنوعة.

ويستخدم تركيز بعض الأحياء الدقيقة المعوية المرشدة كمعيار لتقدير المخاطر الصحية التى تنتج عن استخدام تلك المياه فى الشرب والأغراض الإنسانية الأخرى. وكذلك لتقدير دقة وكفاءة عمليات معالجة وتنقية المياه من الأحياء الدقيقة.

وتستخدم كمية ونوع الأحياء الدقيقة فى المياه كمقياس لصلاحية هذه المياه للاستخدام الآدمى فى المناطق الحارة والمناطق الباردة على السواء.

ومعروف أن الأمراض المعدية التى تنتقل إلى الإنسان عن طريق المياه هى أكثر شيوعا وانتشارا فى البيئات الحارة. ومن هنا تأتى أهمية الاهتمام بمياه الشرب وسلامتها ونقائها من الأمراض المعدية فى المناطق الحارة؛ لأن المياه كثيرا ما تتعرض فى تلك المناطق إلى التلوث بالمخلفات الآدمية، وبخاصة فى المناطق الريفية التى لا توجد فيها شبكات للصرف الصحى.

ومن هذا المنطلق يظهر أهمية تحليل مياه الشرب وتقدير محتواها من الأحياء الدقيقة (البكتريا والفيروسات) وأنواعها، وبخاصة فى المناطق الحارة والدافئة، وإن هذا التحليل يسبق فى الأهمية تحليل هذه المياه عن محتواها من المركبات الكيميائية (الأملاح).

ويتم تقدير جودة مياه البحيرات والترع وغيرها من الأجسام المائية السطحية بتقدير محتوى تلك المياه من العوالق Plankton (وهى أحياء مائية نباتية وحيوانية مجهرية). وتكثر هذه العوالق فى المياه السطحية فى المناطق الحارة، ذلك أن وفرة الضوء ودرجات الحرارة العالية يساعدان على نمو وتكاثر تلك الأحياء الدقيقة.

ومعروف أن العوالق المائية تغير عادة من طعم ورائحة المياه كما أنها تسد المرشحات، وتسبب عكارة الماء، فكلما زاد تركيز الطحالب فى الماء زادت عكارته،

وقد تتجمع أشلاء وبقايا تلك الطحالب فى كتل تطفو على سطح الماء كما هو الحال فى بعض البحيرات الاستوائية فى أثيوبيا وغيرها. وتنتشر هذه الظاهرة أيضا فى المياه الراكدة فى الترع والقنوات فى مصر.

وإذا انتشرت الطحالب بكمية كبيرة فى المياه فإنها تستهلك الأكسجين الذائب فى المياه، مما يؤثر على حياة الثروة السمكية فى مثل هذه المياه، كما أن الطحالب الميتة تشكل غذاء مناسبا للبكتريا القاعية Benthic bacteria (البكتريا التى تعيش فى قاع الماء) ومن ثم تنمو هذه البكتريا وتزيد كثافتها ومن ثم تغير من صفات المياه العميقة وبيئتها.

ومعروف أن الطحالب الزرقاء ـ المخضرة تنمو بوفرة فى البيئات الحارة، فهى طحالب محبة للحرارة أو ثيرموفيلية Thermophilic وذلك خلافا للطحالب الخضراء. وقد بينت الدراسات أن نمو هذه الطحالب فى الماء يتغير مع تغير الفصول بحيث تنمو بوفرة فى الفصول الدافئة.

الأحياء الدقيقة فى الأنهار:

يختلف نوع وكمية الأحياء الدقيقة التى تعيش فى مياه الأنهار من نهر لآخر. ويعتمد ذلك على درجة حرارة البيئة التى يتواجد فيها النهر، فالأحياء الدقيقة التى تعيش فى الأنهار الاستوائية تختلف كثيرا عن تلك التى تعيش فى أنهار المناطق المعتدلة المناخ.

ومن أهم مميزات الأنهار الاستوائية مثل نهر النيل هو أحجامها الكبيرة ومجاريها الطويلة وطبوغرافيتها المعتدلة ودرجة انحدارها البسيط جدا، وبالتالى فإن سرعة جريان مياهها تكون صغيرة كما هو الحال فى نهر النيل والأمازون والأندوس وغيرها، ويؤدى ذلك بالإضافة إلى عمق المياه الكبيرة ودرجة التعكير العالية فى الماء، يؤدى ذلك إلى سيادة العوالق النباتية Phytoplanktons فى الماء بالمقارنة مع الطحالب القاعية. وعادة لا توجد فى مثل هذه الأنهار طحالب قاعية، وإذا وجدت فإنها تظهر فقط فى أوقات قصيرة من السنة.

وعلى هذا الأساس فإن تقدير تلوث مياه تلك الأنهار (مثل نهر النيل) يكون معتمدا بصورة رئيسية على تقدير نوع وكمية العوالق النباتية.

وتتميز الأنهار الاستوائية كذلك بظاهرة الطباقية الحرارية Thermal Stratification والتى تعزى أساسا إلى زيادة عمق الماء، وانخفاض سرعة جريانه.

وظاهرة الطباقية الحرارية تعنى تكون مياه النهر من طبقات فوق بعضها تختلف فى درجة حرارتها. علما بأن بعض الباحثين قد وجد هذه الظاهرة فى أنهار استوائية غير عميقة، وتجرى مياهها بسرعة تصل إلى ٠,٨ سم/ ثانية كما هو الحال فى نهر النيجر[١٦].

ويصاحب الطباقية الحرارية فى مياه الأنهار الاستوائية طباقية كيميائية Chemical Stratification ،وهى اختلاف كل طبقة فى خواصها الكيميائية عن الطبقة التي تعلوها أو التى تقع تحتها.. وكذلك اختلاف كمية الكلوروفيل من طبقة إلى أخرى كما هو الحال فى نهر النيجر كما هو موضح بالجدول(١٠).

جدول (١٠)

الطباقية الحرارية والكيميائية فى مياه نهر النيجر

(التركيزات مقدرة بالمليجرام/ لتر)

عمق الماء	PH	درجة الحرارة (م)	الصوديوم	الحديد	الفوسفور	الكلوروفيل
السطح	٦,٣٤	٣١	,٢٢	,٠٠٤	,٠٥	,٣
٤ م تحت السطح	٦,٤٧	٣٢	,١٦	,٠٠٥	,٠٧	,٤١

ويبين هذا الجدول أن الطبقة التى تقع عند عمق ٤ أمتار فى نهر النيجر لها صفات أكثر قلوية من الطبقة التى تعلوها. كما ترتفع فيها درجة حرارة الماء درجة واحدة مئوية. ويقل تركيز الصوديوم، ويزيد الحديد والفوسفور والكلوروفيل أيضا.

مما يعنى أن التغيـر فى درجة حرارة طبقات الماء فى هذا النـهر يكون له انعكاسات بيولوچية أيضـا. ولذا يجب أن تؤخذ نتائج هذه الدراسات فى الحسـبان عند جمع عينات من مياه الأنهار والبحيرات لتقدير تلوثها البيولوچى.

وتصل درجة حرارة الماء فى الأنهار الاستـوائية إلى ٣٥ درجة مئوية. وذلك بالمقارنة مع الأنهار فى المناطق معتدلة المناخ والتى تتراوح درجة حرارة المياه فيها من صفر ـ ٥ م إلى ٢٠ ـ ٢٥مْ على مدار العام(١٦).

وبسبب عـدم تغيـر درجة الحرارة تغـيرا كبـيرا على مدار الـسنة فى الأنهار الاستـوائية؛ فـإنه لاتتكون دورة فصليـة للطحالب فى مـياه هذه الأنهـار فالدورة الفصلية للطحالب تحدث فقط فى أنهار المناطق معتدلة المناخ، التى تتغير فيها درجة الحرارة تغيرا فصليا، ومن ثم تتكون دورة فصلية للطحالب فى تلك الأنهار.

وبسبب ثبات درجـة الحرارة العالية فى الأنهار الاستـوائية على مدار السنة، فإن تلك الأنهار تكون خاليـة من الأحياء المائية الدقيقة الـتى تعيش فى المياه الباردة مثل Bodo Caudatus وتعيش فى مياه تلك الأنهار الحيوانات المجهرية التى تعيش فى المياه الدافـئة مثل Paramoecium Caudatum أو الأحياء الدقيـقة التى تتحمل درجات الحرارة العالية مثل Aspidisca Lynceus.

وتختلف الصورة كثيـرا بالنسبة للأحياء النباتية الدقيـقة وذلك بسبب تفاوت حسـاسية كـثير من الطحـالب بالنسبـة لدرجات الحرارة أو كـثافة الضـوء. فهناك طحالب حساسة للتغير فى درجة الحرارة، وأخرى ذات حساسية بالنسبة للضوء فى الماء.

وتتأثر هدرولوچيـة الأنهار الأستوائيـة وعوالقها النبـاتية Planktonic Flora بالفيضان السنوى لتلك الأنهار (أو الذى يحدث مرتين فى السنة)، حيث تؤثر مياه الفيضان وعكاره المياه على حياة الأحياء القاعية والعوالق أيضا.

وقد يقلل الفيـضان من كمية الطحالب وتركيـز الأملاح فى بعض الأنهار. ويعزى نقص العوالق إلى نقص الغذاء، وبخاصة الكبريت فى الماء.

وتنخفض كـمية العوالق فى النـيل الأزرق انخفاضا كـبيرا خلال الفـترة من يوليو حتى أكـتوبر من كل عام. وذلك بسبب زيادة مياه الفـيضان العكرة فى تلك الفترة.

ويزداد تركيز العوالـق فى النيل الأزرق خلال الفترة الممتدة من نوفـمبر حتى يناير، وتصل أقصـاها خلال شهرى أبريل ومـارس، وينخفض هذا التركـيز خلال شهر أبريل بسبب انخفاض المياه فى منابع النيل فى هذا الشهر.

ويؤثر الفيـضان كذلك فى تركيب الـعوالق وتركيزها فى الماء. فـفى موسم الفيضـان فى نهر النيجر مثـلا تكون المياه شديدة التعكيـر، ومن ثم لا ينفذ الضوء إلى الأجزاء العمـيقة من الماء وبالتالى لا تحدث عمليـات البناء الضوئى فى النبات Photosynthesis إلا فى النطاقـات القريبـة من السطح فى الماء. وفى هذه الفـترة تكّون الديـاتومـات diatoms هى العوالق الغـالبة فى الماء. أما فى الفـصل التالى وكذلك فى فصول الجفاف فإن الطحالب الزرقاء المخضرة تكون هى العوالق النباتية السائدة فى الماء.

ويشكل التركيب الكيميائى للماء ونوع الأمـلاح الغالبة فيه، العامل الرئيسى فى معدلات نمو الطحالب، وبخاصة فى الأنهار الاستوائية.

وبسبب غزارة الأمطار فى المناطق الاسـتوائية فإن التربات تتعـرض لعمليات النزح والشطف المستمرة وإزالة مكوناتها من الأملاح القابلة للذوبان وكذلك المعادن الأخرى، وعلى هذا الأساس فإن ميـاه الأمطار التى تسقط فى العصر الحالى على هذه التربات وتسيل على سطحهـا فإنها تحتوى على نسبة ضئـيلة من الأملاح غير العضوية. وقد وجد الباحثون أن متوسط الأملاح الذائبة فى مياه الأنهار الاستوائية مثل نهـر الأمازون يساوى نحـو ٥٠ مليجرام/ لتـر. بينما يصل المتـوسط العالمى للأملاح المعدنية الذائبة فى مياه الأنهار يصل إلى ١٢٠ مليجرام/لتر.

ويرجع السبب فى انخفاض كمية الأملاح الذائبة فى مياه الأمطار التى تجرى فوق سطح التـربة المشبـعة بالماء، وتصل إلى النهـر فى المناطق الاسـتوائية إلى أن التربات فى هذه المناطق تكون مستنزفة بصفة مستمرة بفعل الأمطار دائمة السقوط.

الجدير بالذكر أن أيون الكبريتات هو العامل الفعال فى نمو الطحالب فى المياه، أما فى النيل الأزرق فإن النتروچين هو العنصر الفعال فى نمو أحد أنواع الطحالب وهو Melosira.

وفى جميع الحالات يقل تركيز الأيونات غير العضوية فى الماء فى فصل الأمطار، ومن ثم يقل معدل نمو الطحالب. ويزيد تركيز تلك الأيونات فى الفصول الجافة وبالتالى يزيد معدل نمو الطحالب، مما يعنى تغير معدل نمو الطحالب مع الفصول على مدار السنة. ومن هنا تأتى حساسية استخدام وفرة الطحالب ونموها فى مياه الأنهار كمقياس لتلوث مياه تلك الأنهار. إذ يجب الأخذ فى الاعتبار الظروف الفيزيوكيميائية لمياه النهر فى أثناء جمع العينات المائية منه لتقدير درجة تلوثها بالأحياء الدقيقة (الطحالب والبكتريا).

وبينت الدراسات البيئية التى أجريت على الأنهار الهندية أن تركيب الطحالب فى مياهها يتوقف على العوامل التالية:

١ ـ درجة الحرارة.

٢ ـ شدة التيار

٣ ـ تركيز أملاح النترات

٤ ـ تركيز الحديد.

١ . درجة الحرارة:

يختلف نمو الطحالب باختلاف درجة حرارة الماء فى النهر كما يلى:

أ ـ أجناس تنمو وتزدهر فى درجات حرارة منخفضة وتركيز عال من الأكسچين الذائب فى الماء مثل جنس Ancanthes minatissima.

ب ـ أجناس تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات عالية من المواد العضوية وفى درجات حرارة عالية مثل جنس Nitzschia obtusa.

جـ ـ أجناس تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات عالية من المواد العضوية ودرجات حرارة منخفضة مثل جنس Synedra Ulna.

د ـ أجناس تنمو وتزدهر فى وجود نسبة عالية من الأكسچين الذائب فى الماء وكمية قليلة من المواد العضوية فى الماء مثل جنس Gomphonema sphaero phorum .

هـ ـ أجناس تنمو وتزدهر فى درجات حرارة عالية مثل جنس Caloneis Silicula .

و ـ أجناس تنمو وتزدهر فى درجات حرارة منخفضة مثل جنس Acanthesexigna .

ز ـ أجناس تؤثر على نموها درجات الحرارة العالية تأثيرا سلبيا مثل جنس Spirogyro spp .

٢ . شدة التيار:

هناك أنواع من الطحالب تؤثر على نموها تيارات الماء السريعة تأثيرا سلبيا مثل جنس Coloneis Silicula.

٣ . تركيز أملاح النترات:

أ ـ أجناس من الطحالب تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات عالية من النترات مثل Cymbella microcephala .

ب ـ أجناس تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات منخفضة من أملاح النترات الذائبة فى الماء مثل Cyclotella meneghiniana .

٤ . تركيز أملاح الحديد:

هناك أجناس من الطحالب تنمو وتزدهر فى وجود تركيز منخفض من أملاح الحديدوز والحديديك فى الماء مثل جنس Navicula pygmaea .

أنواع الطحالب كدليل على تلوث الماء:

بالإضافة إلى ما ذكرناه سابقا من ارتباط بعض أجناس الطحالب بالأحوال الفزيوكيميائية لمياه الأنهار فقد وجد بعض الدارسين لمياه أنهار جنوب أفريقيا التى تلوثها مياه صرف المناجم أن زيادة الرقم الهدروچينى (أى زيادة قلوية الماء) للماء

وزيادة نسبة الأيونات غير العضوية قد زادت من كـمية الطحالب التي تنمو فى مياه تلك الأنهار. وكانت أكـثر الطحالب نموا هى الطحالب الزرقاء ـ الخضـراء، تليها الطحالب الخضراء ثم الدياتومات.

وفى مجال استخدام الطحالب لتقسيـم المياه الاستوائية إلى مياه نقية وأخرى ملوثة، فقـد وجد الباحثـون فى مياه الأنهـار الهندية والأنهار الاستـوائية أنه يمكن الاعتماد على الأحياء الدقيـقة فى الماء كمقياس ودليل على نقاء الماء أو تلوثه، وأنه يمكن تقسيم مياه الأنهار إلى مجموعتين هما:

أ. مياه نقية:

وتوجد فيها الأجناس التالية:

- Pandorina
- Eudorina
- Volvox

ولاتحتوى هذه المياه على أحياء هدبية Ciliates.

ب. مياه ملوثة:

وتخلو هذه المياه من الأجناس التالية:

- Pandorina
- Eudorina
- Volvox

وتوجد فى هذه المياه الأحياء الدقيقة التالية:

- Beggiatoa
- Oscillatoria
- Ciliates الهدبيات

المخاطر الصحية لمياه الترع والقنوات:

من الأخطاء الشائعة فى مصر منذ فترة طويلة هو استخدام أهل الريف مياه الترع والقنوات على حالتها فى أغراضهم المعيشية.

ونتيجة لهذا الخطأ يصاب العديد من أهل القرى بالأمراض المعدية وأكثرها خطرا وانتشارا هى البلهارسيا ثم الدوسنتاريا وغيرهما.

الجدير بالذكر أن الفحص المجهرى الروتينى لمياه الترع قد لايفيد كثيرا فى إظهار تلوث تلك المياه بالأمراض أم عدمه. ذلك أن العدوى قد تضاف إلى الماء بعد أخذ العينات منه بواسطة شخص مصاب بها.

أما الخطر الكبير الآخر لاستخدام مياه الترع والمصارف الملوثة فهو استخدام الإنسان للأصداف والأسماك التى تعيش فى تلك المياه كمصدر للغذاء، معروف أن كثيرا من القواقع تجمع الطحالب السامة فى الماء وتتغذى عليها. وقد يسبب تناول لحوم القواقع الملوثة الإصابة بالأمراض الخطيرة فى الأجهزة العصبية.

الأحياء المجهرية فى المياه السطحية والجوفية:

يستخدم الإنسان المياه السطحية والمياه الجوفية فى أغراضه المعيشية المختلفة. وتختلف جودة هذه المياه من مكان لآخر. ففى المناطق معتدلة المناخ تكون معظم المياه السطحية والجوفية نقية إلى حد كبير. ويكثر تلوث هذه المياه فى المناطق الحارة وذلك بسبب درجة الحرارة التى تساعد على نمو الأحياء المجهرية فى الماء، وعدم كفاءة وسائل الصرف الصحى. وانخفاض الوعى الصحى فى كثير من بلاد المناطق الحارة. ويؤدى ذلك إلى تلوث كثير من مصادر مياه الشرب بالأحياء الدقيقة المسببة للأمراض مثل الدوسنتاريا، والتهاب الكبد الوبائى وغيرها من الأمراض المعدية التى تنتقل من شخص لآخر من خلال الماء الملوث. وتبين تقارير منظمة الصحة العالمية أن نسبة الإصابة بالأمراض المعدية من الماء الملوث فى الدول النامية تزيد نحو مائة مرة عن نسبة الإصابة بمثل تلك الأمراض فى الدول المتقدمة.

وتعتبر الكوليرا من الأمراض المنتشرة فى بعض الدول المتخلفة بسبب استخدام المياه الملوثة هذا بالإضافة إلى البلهارسيا والإنكلوستوما والإسكارس وغيرها.

ويسبب البراز تلوثا خطيرا للماء سواء كان برازا آدميا أو حيوانيا.

فقد يحتوى البراز على أحياء مجهرية ناقلة للأمراض.

وقد تنتقل الأمراض من خلال البراز بواسطة البكتريا والفيروسات ووحيدات الخلية أو عديدة الخلايا metazoa.

وفى المناطق معتدلة المناخ تعد البكتريا المسبب الرئيسى للأمراض التى تنتقل بواسطة الماء الملوث وتكثر فى المناطق الحارة العوامل المسببة للأمراض التى تنتقل من الماء الملوث من خلال الفيروسات والبكتريا ووحيدات الخلية، وعديدة الخلايا.

البكتريا المرشدة:

تكون البكتريا نحو ٣٠ ٪ من الحجم الكلى للبراز الرطب، ويحتوى الجرام الواحد من البراز الرطب (غير الجاف) على حوالى عشرة آلاف مليون جرثومة لاهوائية، ومائة مليون جرثومة هوائية.

ويدل العدد الهائل للبكتريا المعدية فى البراز على مدى خطورة البراز فى تلويث الماء.

ويحتوى البراز على مئات الأنواع من البكتريا النباتية ومعظم البكتريا التى تخرج من الجسم هى جزء من الأحياء النباتية التى تعيش فى داخل الجهاز الهضمى للإنسان أو الحيوان، وأن هذه الأحياء قد تكيفت على ظروف المعدة ووفرة الغذاء وحاجتها القليلة للأكسجين.

وتتأثر البكتريا النباتية bacterial Flora التى تعيش فى معدة الإنسان وأمعائه بدرجة كبيرة على السلالة البشرية التى ينتمى إليها الإنسان(*) وكذلك على نوع الغذاء.

وقد بينت الدراسات التى أجريت على عينات من براز الإنسان فى أوروبا وأمريكا والهند واليابان وأوغندا تأثر البكتريا النباتية فى المعدة والأمعاء على نوع الغذاء والأوضاع الاجتماعية والاقتصادية السائدة فى المجتمع. وفى جميع هذه العينات كانت الغلبة للبكتريا اللاهوئية بالمقارنة مع أعداد البكتريا الهوائية.

وتعتمد الاختبارات البكتيرية للتعرف علي تلوث الماء بالبراز على عدد من المعايير هى:

- أن تكون البكتريا متوافرة فقط فى البراز.
- يمكن عد البكتريا بطريقة عملية ميسورة.
- لا يمكن للبكتريا أن تنمو خارج الأمعاء.
- أن تكون البكتريا مقاومة بدرجة كبيرة لمراحل الاختبار والمواد المستخدمة فيه.

وتجرى مثل هذه الاختبارات بطريقة ميسورة وروتينية فى العديد من مختبرات فحص المياه وغيرها فى مختلف أنحاء العالم.

الأحياء المجهرية المسببة للأمراض:

يحتوى براز الإنسان أو الحيوان المريض على كميات هائلة من الأحياء المجهرية المسببة للأمراض.

(*) يقسم العلماء الناس إلى ثلاثة مجموعات جنسية أو عرقية كبرى هى مجموعة القوقازيين، ومجموعة الزنوج، ثم مجموعة المغول. وسكان العالم فى الوقت الحاضر هم مجموعات بشرية تنتمى معظم صفات كل مجموعة منها إلى جنس من الأجناس البشرية الرئيسية. ويتألف كل شعب من شعوب الأرض من عدد من هذه المجموعات، وبالتالى عدد من الأجناس.

وبعض الأشخاص يكونون حاملين للمـرض ولكن لاتظهر عليهم أعراضه، ويحتوى براز هؤلاء الأشخاص على الأحياء المجهرية المسببة للأمراض.

وقد لا يحتاج الأمر إلى فحص دورى للمياه للتعرف على مسببات الأمراض المعدية مثل الكوليرا والتيفود وغـيرها. ولكن عندما يظهر المرض فى منطقة ما، أو عند محاولة القضاء عليه، فإنه يجب التـعرف على الأحياء المجهرية الملوثة للماء، ويجب أن يتم ذلك من خلال مختبر مركزى لهذا الغرض.

وهناك العديد من البكتريا المعدية فى الماء فى المناطق الحارة، وأهمها:

- السالمونيلا Salmonellae.

- الشيجيلا Shigellae.

ومـثل هذه البكتريا تسـبب الإصـابة بالتيـفود والـبارا تيـفود والدوسنتـاريا وغيرها.

وتعد المياه السطحية قرب المناطق الحضرية مياها ملوثة كما هو الحال فى مياه التـرع والقنوات فى مصـر. وفى حالة الفـحص الدورى للميـاه يجب التأكـد من وجود أو غيـاب مواد برازية فى الماء وما يصاحبـها من وجود أحياد مـجهرية ناقلة للأمراض ومسببه لها.

جودة المياه المستعملة بعد معالجتها:

توجد الأحياء المجهرية المتنوعة فى مياه الصـرف الصحى غير المعالجة بتركيز يتراوح من مليون إلى عشرة ملايين جرثومة فى المليتر من الماء..

وتأتى معظم الجراثيم فى مياه الصرف الصحى من البراز وعلى هذا الأساس فإنه إذا لم يزد تركيـز الأحياء المجهريـة عن جرثومة واحـدة لكل ١٠٠ ملليتر من مياه الشرب دل ذلك على أن الملوثات الغائطية فى تلك المياه أقل من جزء فى المائة مليون أو الألف مليون، ومن ثم فإن لهذه المياه مخاطر ضئيلة جدا فى نقل العدوى لمن يتناولها.

وبسبب نقص مصادر المياه في كثير من المناطق الحارة بصفة عامة، فقد تضطر السلطات للحصول على المياه من آبار ضحلة بالقرب من التجمعات السكانية والتي تكون في الغالب مياها ملوثة، وذلك لسد حاجة السكان من المياه. فقد اضطرت السلطان الهندية مثلا في خلال إحدى فترات الجفاف إلى مد سكان منطقة Agra والتي تبعد عن نيودلهي بنحو ١٩٠ كم، بمياه هي في الواقع مياه الصرف الصحي لمدينة نيودلهي بعد معالجتها معالجة جزئية وليست معالجة كاملة، مما يعني أن تلك المياه كانت تحتوي جراثيم معدية عديدة من بكتريا وفيروسات ووحيدات الخلية وعديدات الخلية . . إلخ[١٦].

ويجب أن تشمل عمليات تنقية المياه على تخليصها من الأحياء المجهرية. ولا يفي بهذا الغرض تطهير الماء بالكلور وحدة. فقد بينت التجارب أو تطهير الماء بالكلور وحده لم يقتل كل الجراثيم. وأن وحيدات الخلية Protozoa والفيروسات تكون أكثر مقاومة من البكتريا في حالة استخدام الكلور بمفرده في تطهير المياه.

ويجب التعرف على الخواص الفيزيائية والكيميائية ومحتوى المياه من الأحياء المجهرية وذلك قبل الشروع في اختيار الطرق المناسبة لمعالجة وتطهير تلك المياه الملوثة.

ويمكن اتباع الخطوات التالية في معالجة وتنقية المياه الملوثة:

- يجب تخزين المياه كخطوة أولى لتقليل تركيز الجراثيم فيها.
- فصل الكائنات الحية الكبيرة نسبيا مثل بيض الإسكارس وبيض الدودة الشريطية بواسطة الترويق. وقد يتم في هذه المرحلة فصل حويصلات وحيدات الخلية. وتموت في هذه المرحلة أيضا سركاريا البلهارسيا؛ لأنها لا يمكن أن تعيش أكثر من يومين خارج جسم العائل.
- وينخفض بشكل ملحوظ عدد الفيروسات والبكتريا المسببة للأمراض في المياه الملوثة في وجود أشعة الشمس القوية والتي تدمر الأحماض النووية (نسبة إلى نواة الخلية) للأحياء المجهرية.

- ويتم إزالة معظم الأحياء المجهرية بعد ذلك بواسطة مرشحات رملية بطيئة، ثم مرشحات سريعة تعمل بخاصية الترشيح بالنقل، ثم اندماج المواد المترسبة مع بعضها. ورغم ذلك فإن كثيرا من الفيروسات والبكتريا ووحيدات الخلية المسببة للأمراض تظل موجودة في المياه حتى نصل إلى مرحلة التطهير وفيها يمرر غاز الكلور لقتل تلك الأحياء المتبقية.

وعلى الرغم من أن كلورة المياه تقتل كمية كبيرة من الأحياء الجرثومية فى الماء الملوث إلا أن حويصلات الأميبا تظل موجودة فى تلك المياه.

وللفيروسات مقاومة متوسطة للكلورة أما البكتريا المعوية فلها مقاومة ضعيفة تجاه الكلور.

جودة المياه التى تستخدم فى الرى:

تتزايد حاجة الدول فى المناطق الحارة إلى المياه التى تستخدم فى رى المحاصيل الزراعية اللازمة لسد حاجة السكان المتزايدة للطعام. ويتم الحصول على تلك المياه من الأنهار إذا كانت متوافرة، أما الدول الفقيرة فى مصادر المياه فإنها قد تلجأ لاستخدام مياه الصرف الصحى فى الرى بعد معالجتها.

وهناك احتمال لانتقال الأمراض إلى الإنسان الذى يتغذى على المزروعات المروية بمياه الصرف الصحى إذا لم تتبع احتياطات معينة. أهمها أن يكون هناك فاصل زمنى كبير بين وقت تلوث تلك المحاصيل واستخدامها فى الأكل. وكذلك وقت كبير بين توقف رى المحاصيل بالمياه الملوثة وجنى المحصول، وأن تكون المزروعات قد تعرضت لأشعة الشمس فترة طويلة؛ لأن أشعة الشمس القوية تدمر الميكروبات المسببة للأمراض.

وقد أشارت بعض الدراسات المعملية على مجموعات الأحياء المجهرية التى تعيش على أسطح أوراق النباتات وعلى أسطح الفواكه والخضروات السليمة، أنها تظل حية لفترات تتراوح من ستة أيام وحتى ٣٥ يوما.

ولا توجـد معلومـات وافيـة عن زمن بقاء كل الأحـياء المجـهرية المسـببـة للأمراض، وبالتالى فإنه يصعب تحديد فترات معينة يجب انقضاءها بعد توقف رى المحاصيل بالمياه الملـوثة وحصادها حتى تكون تلك الأحياء الدقـيقة قد هلكت عن آخرها.

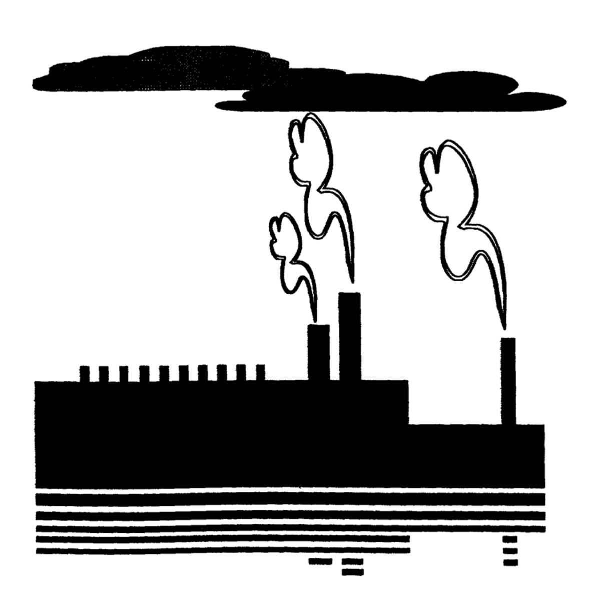
والقاعدة المتبعـة فى تقيم صلاحية مياه الصرف الصـحى المستخدمة فى الرى تعتمد على مراقبة مـجموعات الجراثيم العصوية الشكل Coliform وأعـدادها فى مياه الرى وتشير تقارير منظمة الصحة العالمية إلى أن هناك مخاطر محدودة لانتقال الأمراض من المحاصيل الزراعية المروية بمياه الصرف الصحى التى تحتوى على أحياء مجهـرية عصوية الشكل Coliform تقل عن ١٠٠ جرثومة فـى كل ١٠٠ ملليتر ماء.

■●●●■

الفصل السابع

مبيدات الحشرات والآفات الزراعية:

مخاطرها ... وبدائلها



استخدم الإغريق منذ عصر هوميروس (القرن التاسع قبل الميلاد) الغاز الناتج عن حرق الكبريت لتطهير وتعقيم المنازل والأماكن العامة. وربما أخذوا هذه الفكرة عن قدماء المصريين أو البابليين أو الهنود أو الصينيين القدماء.

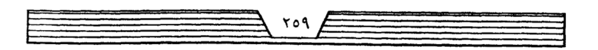
وعرف أبناء الحضارات القديمة خواص الزرنيخ السامة، وكان للصينيين القدماء طرق ناجحة للكشف عن التسمم بالزرنيخ. ويتم الآن الكشف عن التسمم بالزرنيخ (والزرنيخ اسم عربى نقل إلى اللغة اللاتينية تحت اسم أرزنيكم Arsenicum) ببعض الطرق مثل طريقة مارش Marsh حيث يترسب الزرنيخ على هيئة مرآة من الأرزين ($As\ H_3$) المحترق إذا عرض له إناء خزفي. وهذا الاختبار حساس ودقيق جدا. وهناك طريقة أخرى تعرف بطريقة جوتزيت Gutzeit وفيها يتفاعل الأرزين مع محلول نترات الفضة معطيا لونا بنيا غامقا. ويعطى لونا أصفر مع بلورة من نترات الفضة.

وفى العصر الحديث استخدم الكبريت والزرنيخ والزئبق وغيرها فى صناعة مركبات كيميائية متنوعة تستخدم فى مقاومة الحشرات والآفات الزراعية وغيرها.

ففى سنة ١٨٥١م استخدم الفرنسيون مخلوطا من الكبريت الناعم والجير المطفأ كمبيد حشرى لوقاية النباتات من الحشرات والآفات الزراعية..

والمبيدات هى مركبات كيميائية عضوية وغير عضوية تستخدم فى مقاومة الحشرات والديدان والافات الزراعية الأخرى بما فيها الحشائش والأعشاب الضارة وكذلك القوارض.

أما المركبات الكيميائية التى تستخدم فى الوقاية من البكتريا والفيروسات المسببة للأمراض للإنسان والحيوان أو النبات، وكذلك الكيمياويات التى تستخدم كدواء للعلاج من الأمراض التى تسببها البكتريا والفيروسات ووحيدات الخلية والديدان المعوية فى الإنسان والحيوان. فهذه الكيمياويات لا تصنف ضمن المبيدات الحشرية.



وقد أسرف الإنسان فى العقود القليلة الماضية فى استخدام أنواع عديدة من المبيدات فى الوقاية من الحشرات والآفات الزراعية والقوارض وغيرها. وكما ساهمت هذه المركبات الكيميائية السامة فى حماية المحاصيل الزراعية والقضاء على الحشرات، وبخاصة بعوض الملاريا وغيرها. فقد أدت هذه المركبات الكيميائية فى تلويث الماء والهواء والتربة والأحياء النباتية والحيوانية بدرجات متفاوتة، وتشير بعض التقارير إلى أن هناك نسبة ولو ضئيلة من مبيد حشرى مشهور أسرف الإنسان فى استخدامه وهو د. د. ت D D T فى جسم كل إنسان على سطح الأرض. ولا غرابة فى ذلك فهذا المبيد السام قد انتقل إلى الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية والماء أيضا.

أنواع المبيدات:

هناك مجموعات متنوعة عديدة من المبيدات، أهمها:

- مبيدات لقتل العتة والقراد والحشرات.. إلخ.
- مبيدات لمكافحة الطحالب.
- مبيدات تمنع نمو الأحياء الدقيقة على الأسطح الرطبة، وهى عبارة عن دهانات تطلى بها تلك الأسطح.
- مبيدات جاذبة للحشرات أو الطيور لتجميعها فى مصائد مناسبة، وقد تكون تلك المصائد على هيئة أسطح مغطاة بمادة لزجة تلتصق بها الحشرات أو الطيور وغيرها، أو تصاب بالتسمم بمجرد المرور أو الوقوف عليها.
- مبيدات لمكافحة الطيور وطردها من المواقع التى ترش فيها تلك المبيدات.
- مركبات كيميائية تعقم ذكور الحشرات فتحد من تكاثرها وانقراضها على المدى البعيد.
- مركبات لمكافحة الحشائش والأعشاب الضارة، حيث تسقط أوراقها أو تصيب جذورها بالجفاف والموت.

- مبيدات لقتل ديدان وحشرات التربة.

- مبيدات لقتل القواقع التى تعيش على حواف الترع والمصادر المائية السطحية.

- مبيدات لقتل الديان الخيطية، وهى ديدان صغيرة تتغذى على المواد العضوية المتحللة من جذور النباتات فى التربات الزراعية.

- مبيدات لإتلاف بيض الحشرات وبيض الديدان.

- مركبات كيميائية تطرد الحشرات عند انطلاقها فى الهواء.

- مبيدات القوارض البرية.

تاريخ المبيدات:

تعد مركبات الزرنيخ السامة هى أولى المبيدات التى استخدمها الإنسان فى مكافحة الحشرات والآفات الزراعية فى العصر الحديث.

وكان أول مبيد هو أخضر باريس Paris green الذى استخدمه الأمريكيون لمكافحة الخنفساء الأمريكية التى تهاجم البطاطس فى كلورادو فى سنة ١٨٦٥م.

وخنفساء البطاطس الأمريكية ليست غريبة على البيئة فى هذه المنطقة، فقد عاشت فى البرارى الأمريكية قبل عصر كولمبس (قبل سنة ١٤٩٢م) وكانت تتغذى على نبات برى يدعى عنب الثعلب وكانت هذه الخنفساء - وهى صغيرة الحجم ومرقطة - وغيرها تعيش فى توازن طبيعى فى المنطقة، وعند موتها تتحلل أجسامها وتصبح غذاء لأنواع من البكتريا فى التربة.

وبعد أن استوطن الأمريكيون تلك المناطق قاموا باقتلاع نبات عنب الثعلب والقضاء عليه تماما وزرعوا البطاطس. والتى شكلت غذاء مناسبا للخنفساء وأصبحت تهدد هذا المحصول. وقد انتقلت هذه الخنفساء إلى أوروبا فى سنة ١٨٧٦م (مع المواد الغذائية) وأخذت تهاجم محصول البطاطس فى حقول أوروبا.

وفى سنة ١٨٩٢م تم إنتاج مبيد حشرى من مركبات الرصاص والزرنيخ (زرنيخات الرصاص) لرش حدائق الفاكهة، ثم زرنيخات الكالسيوم وذلك فى سنة ١٩٠٧م.

وهذه المركبات الكيميائية سامة جدا، وعندما تدخل فى معدة الحشرة فإنها تصيب جهازها العصبى بالارتخاء ثم الشلل والموت.

وفى سنة ١٨٨٦م استخدم سيانيد الهدروچين كمبيد لوقاية أشجار الفاكهة فى كولورادو بالولايات المتحدة الأمريكية.

وفى سنة ١٩٢٩م تم إنتاج مبيد حشرى هو Dithiocyanodiethyl ether وذلك لمقاومة الذباب ويعمل سيانيد الهدروچين وكذلك الثيوسيانيد على تعطيل العمليات الحيوية فى داخل جسم الحشرة وخلاياها فتصاب بالشلل والموت.

وفى سنة ١٩٣٦ تم إنتاج مبيد حشرى غير عضوى أيضا وهو Dnoc (3,5 - dinitro - O - Cresol) ثم أوقف استعماله بعد ذلك.

ويلاحظ أن كل المبيدات الحشرية التى تم تركيبها واستخدامها قبل الحرب العالمية الثانية كانت مركبات غير عضوية، ويؤدى ابتلاعها بواسطة الحشرات إلى منع أكسدة الهدروكربونات فى داخل الخلايا ومن ثم بتوقف تكون المواد اللازمة لحياة ونشاط الجهاز العصبى للحشرة.

وفى سنة ١٨١٨ أخذ الأوربيون مبيدا حشريا من إيران هو البيريثريوم Pyrethrum وقد أخذه الأمريكيون بعد ذلك فى سنة ١٨٥٨م.

كذلك أخذ الأوروبيون مبيدا حشريا من إيران مستخلص من عصارة أو منقوع التمباك (النيكوتين). وتم تسويق على هيئة كبريتات النيكوتين فى سنة ١٩٠٩م.

أما أشهر مبيد حشرى وأكثرها استخداما حتى اليوم فهو د. د. ت

D. D. T (dichloro - diphenyl - Trichloro ethane)

والذى عرف لأول مرة فى بازل بسويسرا سنة ١٩٣٩م، وهو مبيد فعال بالنسبة لحشرات المنازل، فما أن تحط أو تلامس الحشرة المنزلية أثارا من الـ D. D. T حتى تموت بعد بضع ثوان.

ويظل مفعول د. د. ت نشطا لبضعة أشهر ويقوم الـ د. د. ت بشل الجهاز العصبى للحشرة فترتعش ثم تموت.

وهناك مبيدات حشرية أخرى تشبه الـ د.د.ت مثل:

-Methoxychlore

- D D D

- Pyrethrins

- Allethrin

وهذه المركبات تعمل مثل د.د.ت على إتلاف الجهاز العصبى للحشرة وقتلها.

وفى سنة ١٩٤٢ تم اكتشاف مبيد حشرى بسيط وفعال هو:

BHC (bonzene - hexachloride)، وذلك فى كل من فرنسا وإنجلترا

وفى سنة ١٩٤٥ تم تركيب مبيد حشرى من مخلوط من مركبات الزيوت الطيارة يسمى chlordane، ثم تم الحصول على عدد من المشتقات لهذا المركب أكثر فعالية من المركب الأول وذلك فى سنة ١٩٤٨.

وفى سنة ١٩٤٨ أيضا تم الحصول على مركب كيميائى سام جدا وذلك بكلورة زيت التربنتين (زيت راتنجى)، وأطلق على المركب الناتج اسما تجاريا هو التوكسافين Toxaphene وهذا المركب يدمر الجهاز العصبى للحشرات ويقتلها إذا دخل فى جمسها.

وخلال الحرب العالمية الثانية تمكن العلماء الألمان من تطوير الصناعات الكيميائية الحربية وغيرها. وفى سنة ١٩٤٥ تمكن الكيميائيون الألمان من الحصول

على بعض مركبات الفوسفور العضوية السامة والتى استخدمت بعد ذلك كمبيدات حشرية فعاله ومنها:

الباراثيون Parathion

المالاثيون Malathion

وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية صنع السويسريون مبيدا حشريا من مركبات الفوسفور العضوية وهو الديازينون Diazinon.

ويستخدم فى الوقت الحاضر عدد كبير من مركبات الفوسفور العضوية كمبيدات حشرية. وبعض هذه المركبات سائل والبعض الآخر صلب، ومن أشهر تلك المركبات:

- الفوسفوروثيوات Phosphorothioates.
- الفوسفوروداثيوات Phosphorodithioates.
- الفوسفاتات وغيرها.

وتسبب هذه المبيدات الشلل للحشرات وإتلاف أجهزتها العصبية وقتلها.

وفى عام ١٩٥٣ اكتشف العلماء فى الولايات المتحدة الأمريكية أنواعا جديده من المبيدات هى مجموعة الكربامات Carbamates وتسبب هذه المبيدات إتلاف الأجهزة العصبية للحشرات وإصابتها بالشلل والموت عندما تتعرض لها.

وفى سنة ١٩٦٩ تمكن العلماء من نحضير مركبات كيميائية عضوية تغير من الخواص الفسيولوجية فى داخل أجسام الحشرات وتؤدى إلى إعاقة نموها ونضوجها كوسيلة للحد من انتشارها والسيطرة عليها.

مبيدات الأعشاب:

استخدم زرنيخات الصوديوم كأول مبيد للأعشاب الضارة فى سنة ١٩٠٠ ويؤدى هذا المبيد إلى جعل التربة جدباء.

واستخدم بعد ذلك كلورات الصوديوم وزيت الديزل وغيرهما من المركبات الكيميائية السامة والطيارة وذلك للقضاء على الحشائش والأعشاب الضارة. وتؤدى تلك المبيادت إلى إتلاف خلايا الأعشاب وتعطيل عملياتها الحيوية ومن ثم تموت تلك الأعشاب.

وفى سنة ١٩٣٥ استخدمت مبيدات أعشاب عضوية من شأنها أن تصيب جذور الحشائش والأعشاب بالتلف، ومن أشهر تلك المبيدات هى مجموعة الفينوكس Phenoxy herbicides والتى اكتشفها العلماء الأمريكيون والبريطانييون فى سنة ١٩٤٤ وتحدث هذه المركبات الكيميائية السامة اضطرابات فى العمليات الحيوية فى داخل أنسجة الأعشاب وتدمرها. وبعض هذه المركبات تمنع وصول الماء من جذور الأعشاب إلى اجزائها العليا وتدمر الكلوروفيل وتجف الجذور وتتعفن كل خلايا جسم العشب.

وقد اكتشف مبيدات اليوريا Urea herbicides من خلال البحوث الخاصة بالحرب الكيميائية فى الحرب العالمية الثانية، وبدأ استخدامها فى مقاومة الأعشاب فى سنة ١٩٥١، وهى تعمل على تعقيم التربة وجعلها جدباء، وعندما يمتصها العشب مع الماء من التربة فإنها تدمر الكلورفيل فيه وتوقف بذلك العمليات الحيوية فى داخل الخلايا فيموت العشب بعد ذلك.

وفى عام ١٩٥٢ اخترع السويسريون عددا من مبيدات الأعشاب مثل:

- الترايازين Triazine.
- الأترازين Atrazine.

وتستخدم هذه المبيات فى القضاء على الحشائش التى تنمو فى زراعات الذرة؛ لأن الذرة تقاوم هذه المبيدات ولا تتأثر بها.

وتحدث مبيدات الترايازين والاترازين تدميرا لخلايا الكلوروفيل وتعوق نمو الأعشاب وتقتلها.

ومنذ بداية الستينيات ظهرت العديد من مبيات الأعشاب، ويصلح بعضها للقضاء على الأعشاب التى تنمو فى حقول البطاطس مثل:

البيبيريدليوم Bipyridylium.

وهناك مبيدات انتشر استخدامها فى هذه الفترة مثل:

- الأميدات Amides.
- الكرىامات Carbamates.
- الثيوكرىامات Thiocarbamates.
- الفينولات Phenoles.

مبيدات الفطريات Fungicides:

استخدام الفرنسيون مخلوط من مسحوق الكبريت والجير المطفأ الناعمين (بنسبة ٢ جزء كبريت إلى ١جزء جير مطفأ)؛ لرش نباتات الزينة لحمايتها من الفطريات وبخاصة حشرة المن.

واستخدم بعد ذلك مخلوط من كبريتات النحاس والجير المطفأ (بنسبة جزء واحد كبريتات نحاس إلى ٢ جزء جير مطفأ)؛ وذلك لقتل الديدان والحشرات مفصليه الأرجل التى تصيب المحاصيل، وكذلك لحماية أشجار العنب من مرض العفن الفطرى.

الجدير بالذكر أن اليمنيين قد توارثوا عادة رش مزارع العنب المشهورة فى اليمن، بالتراب الناعم وذلك لحمايته من الفطريات المختلفة.

وفى سنة ١٩١٣ استخدم الألمان مركبات الزئبق العضوية وهى Organic mercurials؛ لحماية الحبوب من الإصابة بالفطريات.

ويوجد الآن أنواع عديدة من مبيات الفطريات مثل:

- كوينون كلورانيل quinones chloranil.

- داى كلون dichlone.

- داى ثيوكاربامات dithiocarbamate.

وتستخدم هذه المبيات لوقاية أشجار الفاكهة والمحاصيل والخضروات وغيرها من أخطار الفطريات.

تلوث البيئة بالمبيدات:

أفرط الإنسان فى استخدام مبيدات الحشرات والفطريات والأعشاب؛ لوقاية المزروعات من أخطار الحشرات والآفات الزراعية وذلك منذ بداية النصف الثانى من هذا القرن (القرن العشرين).

والمبيدات هى مركبات كيميائية سامة تسبب الأمراض الخطيرة للإنسان والحيوان. وقد بينت التجارب المعملية إصابة حيوانات التجارب بالأورام والسرطان غند تعرضها لتلك المبيدات.

ومبيدات الأعشاب أقل خطورة على الإنسان من مبيدات الحشرات[١٧].

وعندما ترش المبيدات فى المزروعات فإن جزءا منها يترسب فى التربة. ويتطاير فى الهواء جزء آخر، وبخاصة فى حالة رش المبيدات بالطائرات. وقد تصل نسبة المبيدات المتبقية فى التربة الرراعية إلى ١٥٪ من كمية المبيدات المستعملة.

ولا يزول أثر معظم المبيدات من التربة الزراعية إلا بعد انقضاء فترات طويلة قد تصل إلى عشرة أعوام.

وقد تقوم بعض الفطريات بتكسير بعض المبيدات وتحويلها إلى مركبات كيميائية غير سامة، مثل فطر بنسليوم كوريلو فيليوم الذى يقوم بتكسير المبيد الحشرى مونوكروتوفوس عن طريق إفراز إنزيم مؤكسد إلى التربة. ويعمل هذا الإنزيم فى مدى واسع من تركيز أيون الهدروچين فى التربة الزراعية، ويكون هذا الإنزيم فى أعلى نشاط عند تركيز أيون الهدروچين ثمانية (أى من التربة ذات الصفات القلوية)[١٨].

وبالطبع ليست كل التربات الزراعية لها صفات قلوية. ومن ثم فإن مثل هذا الفطر لا يعمل أو يعمل بكفاءة ضئيلة فى تكسير المبيد الحشرى المشار إليه فى النبات التى لا تتوافر فيها البيئة المناسبة لنشاط فطر البنسليوم كوريلو فيليوم.

معنى ذلك أن جزءا كبيرا من المبيدات تظل فى التربة وقد تمتصها النباتات وتختزنها فى أنسجتها المختلفة وقد تجد طريقها فى النهاية إلى جسم الإنسان.

وتشطف مياه الأمطار ومياه الصرف الزراعى جزءا من المبيدات من التربة وتصبها فى الأجسام المائية السطحية كالترع والأنهار وغيرها فتلوثها وتلوث الاحياء التى تعيش فى هذه المياه. وقد يتسرب جزء كبير من هذه المبيدات مع المياه السطحية إلى المياه الجوفية الضحلة.

وعلى الرغم من الدور الإيجابى الذى تلعبه المبيدات فى حماية الثروة الزراعية من الحشرات والآفات الزراعية إلا أنها تلوث الماء والهواء والتربة والغذاء بدرجات متفاوتة.

وتبين تقارير منظمة الصحة العالمية وقوع نحو نصف مليون حالة تسمم بالمبيدات فى العالم سنويا، منهم ١٪ (أى ٥٠٠٠) إصاباتهم قاتلة[١٧].

قد يتفاعل مبيد مع مبيد آخر وينتج عن ذلك أضرار بالغة بصحة البيئة أكبر من مجموع الأضرار التى تحدث عن كل مبيد على حدة، وبخاصة فى جسم الإنسان، فبعض المبيدات تشد أزر بعضها البعض إذا ما اجتمعت فى جسم الإنسان.

وكما تقتل مبيدات الحشرات، الحشرات الضارة فإنها تقتل أيضا الحشرات النافعه مثل نحل العسل، وكذلك طيور الحقل التى تتغذى عادة على الديدان والحشرات التى تصيب المزروعات ومن تلك الطيور أبو قردان والغراب والحدأة والعصافير وغيرها.

وتمتص النباتات كميات متفاوتة من مبيدات الحشرات والأعشاب والفطريات، وتنتقل هذه المبيدات ـ ولو بنسبة ضئيلة جدا ـ إلى الحيوانات التى تتغذى على النباتات، وقد تنتقل تلك المبيدات إلى جسم الإنسان مباشرة إذ أكل فواكه وخضروات وحبوب ملوثة بالمبيدات.

وعندما تصل المبيدات إلى المياه السطحية كالبحيرات والأنهار فإنها تلوثها وتغير نظامها البيئى، حيث تقتل كثيرا من الأحياء المائية الدقيقة، والتى تلعب دورا هاما فى تنقية المياه من المواد العضوية، ويترسب كثير من تلك المبيدات فى أجسام الأسماك التى تنجو من الموت، وبمرور الوقت تصبح هذه الأسماك ملوثة وتصيب الإنسان أو الطيور المائية التى تتغذى على الأسماك بالتلوث.

وللمبيدات التى تستخدم فى مقاومة الحشرات فى المنازل دور كبير فى تلويث الهواء،فهى كما تقتل الحشرات على الفور،تقتل الإنسان على مهل، وبعض تلك المبيدات تستخدم كمادة طاردة للبعوض؛ ذلك إنها تطلق عند تسخينها غازات طاردة للبعوض وهى فى الغالب غازات فينولية قاتلة وهى من المواد المسرطنة.

وعموما يؤدى الإفراط فى استخدام المبيدات إلى فقدان التوازن الطبيعى فى البيئة القائم بين الآفات وأعدائها، وقد ينقلب الميزان لصالح الآفات الزراعية كما هو الحال فى دودة القطن فى مصر، حيث قتلت المبيدات التى استخدمت بكثرة فى السنوات الماضية كل الأعداء الطبيعيين لدودة القطن، مما أطلق العنان لتلك الدودة فتكاثرت وزادت أعدادها بصورة خطيرة.

بدائل المبيدات:

يعتقد بعض العلماء أنه يمكن الاستغناء عن مبيدات الآفات الزراعية، وذلك باستنباط سلالات نباتية تكون أكثر مقاومة للآفات الزراعية من النباتات الحالية.

وقد أمكن بالفعل استنباط أصناف جديدة من قصب السكر ومن الذرة ذات مقدرة كبيرة فى مقاومة الديدان الحفارة، ومن ثم أمكن تقليل الفاقد من هذه المزروعات بسبب الإصابة بالآفات الزراعية إلى أكثر من ٧٠٪ [١٧].

وتم الحصول أيضا على سلالات من الشعير والذرة والشوفان والقمح يمكنها مقاومة الفطريات التى تصيب أوراق هذه المحاصيل بالتيبس والصدأ.

ويحاول العلماء حاليا استنباط سلالات مهجنة ذات قدرة كبيرة على مقاومة الآفات الزراعية. ولو نجح العلماء فى مقصدهم هذا ربما ظهرت لتلك النباتات الجديدة أعداء جدد أيضا أكثر تطورا من أسلافهم القدامى.. وهكذا.

ومعروف أنه لكل آفهةمن الآفات الزراعية عدو طبيعى يتربص به ليقتله ويتغذى عليه، ويؤدى هذا إلى وجود توازن طبيعى بين الآفات وأعدائها الطبيعيين. ويحاول العلماء استخدام هذه الظاهرة فى مقاومة الآفات الزراعية فيما يعرف بالمقاومة البيولوچية. ومن الأمثلة المشهورة فى هذا المجال هو فيروس يعرف باسم Borrelina Campeoles وهو فيروس قاتل لدودة البرسيم المعروفة باسم alfoalfo caterpillar .

وهناك فصيلة من البكتريا هى Bacillus spp تعد العدو الأول للخنفساء اليابانية، فإذا اجتمعا معا قضت البكتريا على الخنفساء.

وهناك ذباب يعرف باسم Tachinid flies يهاجم الحشرات التى تصيب الأشجار الخشبية.

واستخدم العلماء فيروس يعرف باسم Heliothic zea لمقاومة دودة القطن ودودة براعم التنباك. ويحاول العلماء إيجاد كائنات حية تتطفل على الحشرات والآفات الزراعية وتفترسها أو حتى تصيبها بالأمراض القاتلة. وكلما تقدم العلماء خطوة فى هذا المجال خطت الآفات خطوة أخرى مماثلة واكتسبت مقاومة تجاه أعدائها الجدد.

وقد نجح العلماء حتى الآن فى السيطرة على حوالى ١٠٠ حشرة ضارة على مستوى العالم (منهم ٤٦ حشرة تعيش فى الولايات المتحدة الأمريكية).

وهناك من يحبذ استخدام المقاومة البيولوچية للآفات والحشرات الضارة (باستخدام أعدائها الطبيعيين من الأحياء) جنبا إلى جنب مع المقاومة الكيميائية؛ وذلك لغرض التقليل والحد من استخدام المبيدات الحشرية وحدها فى مقاومة الآفات.

وتعد طريقة تعقيم ذكور الحشرات وسيلة فعالة فى مقاومة الحشرات الضارة، وفى هذه الطريقة تستخدم شراك خاصة مزودة بهرمونات معينة تجذب ذكور نوع

معين من الحشرات، فتتجمع تلك الذكور وتقع فى هذه الشراك وحينئذ يمكن القضاء عليها باستخدام المبيدات الكيميائية - والتى تتم على نطاق ضيق لا يلوث البيئة تلوثا يذكر.

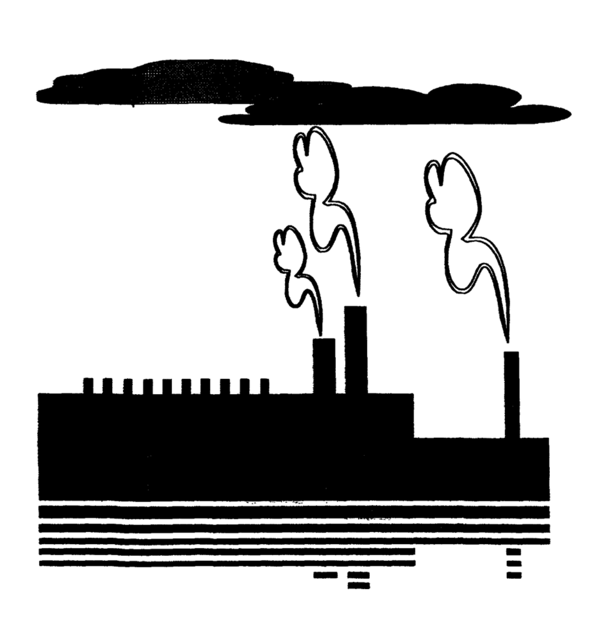
وهناك محاولات يقوم بها البريطانيون لاستنباط فيروسات معينة تقتل الحشرات الضارة ثم تدمر نفسها بنفسها بعد انقضاء مهمتها[1].

ويبقى سؤال: **ماذا لو نجح العلماء فى استنباط هذه الفيروسات، وفى مرحلة معينة أبت هذه الفيروسات أن تدمر نفسها بنفسها؟.**

■●●●■

الفصل الثامن

التلوث النووى



إذا كان تلوث الماء والهواء والبـر والبحر بالغازات السامـة والنفايات الصلبة والسائلة والأحياء الدقـيقة. إلخ شيئا مألوفا من قديـم الزمان، وإن اشتدت حدته وزادت خطورته فى عـصرنا الحاضـر، فإن هناك ملوثات جـديدة قد أضـيفت إلى تلك الملوثات وزادت أخطارها فى هذا العـصر. ومن تلك الملوثات: المواد المشـعة والضوضاء والحرارة... إلخ.

وقد زادت آثار تلك الملوثات اعـتبارا من النصف الثانى من القـرن العشرين وذلك بسبب النشاط البشرى غير المتوازن.

النشاط الإشعاعى والعناصر المشعة:

النشاط الإشـعاعى ظاهرة طبـيعيـة ـ أو عملية چيـولوچية ـ ولا سـبيل إلى منعها، ولا حيله لنا فى ذلك.

والنشاط الإشعاعى عملية مميزة لبعض العناصـر الكيميائية دون غيرها. ولها آثار إيجابية وأخرى سلبية على صحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفه عامة.

ولذرات بعض العناصر الكيميائية خـصة التفكك والانحلال تلقائيا، وينتج عنها عناصر كيميائية جديدة مع انطلاق جسيمات تحمل شحنات كهربائية موجبة أو سالبة، وكذلك موجات غير مشحونة وتشبه موجات الضوء.

وتعرف المواد المنطلقـة فى أثناء ونتيجـة تحلل المواد المشعة باسم الإشعـاعات النووية وهى ملوثات خطيرة للبيئة.

وهناك نوعان من الإشعاعات هى:

١ ـ الاشعاعات غير المؤينة للمواد.

٢ ـ الاشعاعات المؤينة للمواد.

والإشعاعات غير المؤينة للمواد هى إشعاعات ذات أطوال موجية قصيرة، وطاقة عالية، وهى تسبب الضرر لبعض الأحياء الدقيقة، ولكنها تؤثر تأثيرا محدودا فى الأنسجة السطحية لأجسام الحيوانات والنباتات التى تتعرض لها. وقد تزيد هذه الإشعاعات من معدل انقسام الخلايا فى أجسام الأحياء الدقيقة.

وقد تمتص النباتات الأشعة فوق البنفسجية، غير أن هذه الأشعة غير ضرورية لنمو تلك النباتات كما هو الحال فى نباتات الصوبات الزراعية.

وهناك إنزيمات تعمل على حفظ صحة الخلايا وعدم تلفها بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى تتعرض لها.

الأشعة المؤينة:

الأشعة المؤينة للأجسام هى أشعة ملوثة للبيئة ولهذه الأشعة طاقة عالية يمكنها أن تؤين الذرات والجزيئات فى الأجسام التى تتعرض لها.

وتتأين الذرة إذا اكتسبت قدرا كبيرا من الطاقة يكفى لانفصال إلكترون أو أكثر من إلكتروناتها. وتأين الجزىء يؤدى إلى تكون شقين مشحونين بشحنتين مختلفتين، مثل تأين جزىء ماء كما هو موضح فيما يلى:

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

فشق الهدروچين يحمل شحنة موجبة، والهدروكسيل يحمل شحنة سالبة. أما إذا تكون شقين غير مشحونين فيطلق عليهما عندئذ اسم الشقوق الحرة Free radicals.

وتأتى خطورة الإشعاعات المؤينة التى تتعرض لها أنسجة الأجسام الحية فى أنها تفكك أو تجزأ مكونات الجسم إلى أيونات مشحونة بشحنات كهربائية أو إلى شقوق حرة.

وقد تتحد تلك الأيونات أو الشقوق مع بعضها البعض وتكون مركبات جديدة قد يكون لبعضها صفات مشعة، وتصبح هذه المركبات الجديدة بمثابة مراكز

مشعة فى داخل الجسم، ويتوقف عددها على شدة وكمية الإشعاعات التى يتعرض لها الجسم، وتؤدى هذه البؤر المشعة إلى تكون الخلايا السرطانية فى داخل الجسم.

وقد تؤثر الإشعاعات على الخواص الكيميائية الجينية للخلايا. ولهذه الخواص الكيميائية الدور الأساسى فى عملية انقسام الخلية. وقد يؤدى تغير تلك الصفات إلى حدوث انقسام غير طبيعى للخلايا وتولد الخلايا السرطانية.

والإشعاعات النووية لها مصادر متعددة. فمنها ما يأتى من الأجسام الكونية كالشمس والنجوم والكواكب وغيرها، ويقوم الغلاف الجوى بحجب وتبديد الجزء الأكبر من تلك الإشعاعات، وبالتالى فلا يصل إلى سطح الأرض إلا جزء ضئيل لا يؤثر تأثيرا يذكر.

ومن الإشعاعات ما يصدر من الأجهزة الكهربائية المنزلية مثل التليفزيون والراديو وغيرها، ومنها ما يصدر من الأجسام الطبيعية مثل مكونات المبانى من أحجار وأسمنت وغيرها، خاصة إذا احتوت تلك المكونات على مواد مشعة كما هو الحال فى الساحل الشمالى، حيث توجد الرمال السوداء فى هذه المنطقة، وهى مواد غنية بالمواد المشعة.

كما أن هناك هناك إشعاعات تنبعث من أجسام الكائنات الحية ذاتها، وتعتبر هذه الإشعاعات عادية وغير ضارة لجسم الإنسان بشرط ألا يتعرض الإنسان لجرعات زائدة ولفترات طويلة متصلة من تلك الإشعاعات.

أما الإشعاعات الصادرة من المواد المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم وغيرهما من العناصر الكيميائية المشعة، وكذلك الإشعاعات المنطلقة فى أثناء التفاعلات النووية أو من المفاعلات النووية فهى اشعاعات خطيرة ومدمرة لصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة خاصة إذا كانت فى جرعات مركزة ولفترات طويلة متصله أو حتى غير متصلة.

ولا ينسى العالم ما حدث للحياة بأكملها (بشرية وحيوانية ونباتية) فى مدينتى هيروشيما وناجازاكى اليابانيتين، حيث أبيدت الحياة تماما فى هاتين المدينتين

نتيجـة إلقاء قنبلتين ذريتـين عليهما فى سنة ١٩٤٥م. حـيث ألقيت القنبلة الأولى على هيروشيما فى السادس من أغسطس وألقيت الثانية على ناجازاكى بعدها بثلاثة أيام. وقتلت قنـبلة هيروشيـما أكثـر من سبـعين ألفا من سكان المنطـقة فى لحظة واحدة. ولم يكن حظ من نجا من سكان هاتين المدينتـين بأوفر من خط ممن أبيدوا فى الكارثة، فـقد تشوهت أجـسامـهم وذرياتهم؛ نتيـجة تعرضـهم للإشعـاعات النووية، وقضوا بقية أعمارهم فى الآلام.

والطاقة النووية فى واقع الأمر هى مصدر هام من مصـادر الطاقة المستقبلية، وذلك على الرغم من أنه لا توجد ضـمانات كافية حتى الآن للـسيطرة على الطاقة النووية وتلافى أخطارها.

وتلعب الطاقـة النووية دورا هاما فى الاقتـصاد العالمى. والطـاقة النووية فى المفاعل النووى هى الحرارة المنطلقة فى أثناء الانشطار النـووى المتحكم فيه، لبعض نظائر العناصـر المشـعة المناسـبة، ويـمكن الحصـول على الطاقـة النووية من نفس العناصر المشعة: اليورانيوم (٢٣٨)، واليورانيوم (٢٣٥)، والثوريوم (٢٣٢)، وهى العناصر التى تتحلل تلقائيا فى جوف الأرض وتنطلق منها الحرارة التى تجعل باطن الأرض حارا على الدوام.

ويمكن إحداث الانشطار النووى فى المفاعلات النووية بقذف ذرات العناصر المشعه بالنيوترونات، حيث يؤدى ذلك إلى التـسريع أو التعجيل بالانشطار النووى وتحرر الطاقة الحرارية.

وعند انشطار ذرات اليورانيوم (ذو الوزن الذرى ٢٣٥)، فإن هذا الإنشطار لا يحرر طاقة حـرارية وتكون عناصر كيميـائية جديدة فحسب، ولـكنه يقذف ببعض النيـوترونات من نويات تـلك الذرات، ويمكن استـخـدام تلك النيـوترونات فى إحداث عملـيات انشطار نووى جديدة لذرات اليورانيـوم (٢٣٥)، وبالتالى تتكون سلسله تفاعل انشطـارى مستمـرة فى داخل المفاعل النووى. وتأتى أهميـة المفاعل النووى فى التحكم فى فـيض النيوترونات المنطلقة وبالتالى التـحكم فى سير وإتمام عمـلية الانشطار النووى فـإذا لم يمكن التحـكم فى سلسلة التفـاعل النووى هذه

يحدث انفجار نووى. وعلى هذا الأساس فإن الانشطار النووى المتحكم فيه هو الطريقة المستخدمة فى مشروعات الطاقة النووية والتى يمكن الحصول منها على مقادير هائلة من الطاقة الحرارية.

فالطاقة الحرارية الناتجة عن الانشطار النووى لجرام واحد من اليورانيوم (ذو الوزن الذرى ٢٣٥) تعادل الطاقة الحرارية المتولدة من حرق ١٣,٧ برميل من البترول.

ويتألف اليورانيوم الموجود فى الأرض من ثلاثة نظائر هى:

(١) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٨)، ويكون حوالى ٩٩,٢٨ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة.

(٢) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٥)، ويكون حوالى ٠,٧١ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة.

(٣) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٤)، ويكون حوالى ٠,٠٠٥ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة.

ونظير اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٥) هو النظير الوحيد لليورانيوم الذى يمكنه تكوين سلسلة تفاعل مستمرة، غير أنه يوجد بنسبة ضئيله جدا بالنسبة لليورانيوم (٢٣٨)، والثوريوم (٢٣٢) فى الطبيعة. حيث توجد ذرة واحدة من اليورانيوم (٢٣٥) فى كل ١٣٨,٨ ذرة يورانيوم فى الطبيعة. أما بقية اليورانيوم فإنه لا يكون سلسلة تفاعل نووى مستمرة وتستخدم كل مفاعلات الطاقة النووية فى الوقت الحاضر ذرات اليورانيوم (٢٣٥).

وإذا وضعت ذرات اليورانيوم (٢٣٨) فى داخل مفاعل نووى بجوار ذرات يورانيوم (٢٣٥) آخذة في الانشطار النووى. فإن بعض النيوترونات التى تنطلق أثناء انشطار ذرات اليورانيوم (٢٣٥)، فإنها تصطدم بنويات ذرات اليورانيوم (٢٣٨) وتحولها إلى نظير مشع جديد هو البلوتونيوم (٢٣٩). ويمكن لهذا النظير المشع تكوين سلسلة تفاعل نووى انشطارى خاصة به تحت ظروف مناسبة.

ويسمى المفاعل النووى الذى يتحول فيه اليورانيوم (٢٣٨) إلى البلوتونيوم (٢٣٩) باسم المفاعل المولد Breeder reactor وفى مثل هذا المفاعل المولد يمكن تحويل الثوريوم (٢٣٢) إلى عنصر جديد هو اليورانيوم (٢٣٣) والذى يمكنه تكوين سلسلة تفاعل نووى انشطارى.

$$Th^{232} \longrightarrow U^{233}$$

وهناك عقبات فنية فى نقل المفاعلات المولدة من المستوى التجريبى المحدود إلى الاستخدام الصناعى الواسع التطبيق.

ويوجد فى الوقت الحاضر عدد كبير من المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الحرارية فى مختلف دول العالم، وهو الاستخدام السلمى للطاقة النووية. ومن المؤسف حقا أن استخدام الطاقة النووية قد بدأ بالاستخدام العدوانى لتلك الطاقة وذلك فى عام ١٩٤٥، كما ذكرنا آنفا، وقد تم تشغيل أول مفاعل نووى لإنتاج عنصر البلوتونيوم الذى تصنع منه القنبلة الذرية فى عام ١٩٤٢م فى الولايات المتحدة الأمريكية.

وتستغل الآن الطاقة النووية ومنذ ١٩٤٥ فى إنتاج الطاقة الكهربائية، حيث تستخدم الطاقة الحرارية المتولدة من الانشطار النووى فى إنتاج بخار الماء الذى يستخدم فى تشغيل توربينات لتوليد الطاقة الكهربائية. وتغطى الطاقة الكهربائية المتولدة بهذه العملية حوالى ٧,٦ ٪ من احتياجات العالم من الطاقة الكهربائية(١٩).

وتتراوح الطاقة الكهربائية التى تعتمد على الطاقة النووية فى إنتاجها من ١١٪ إلى ٦٥٪ من مجموع الطاقة الكهربائية المنتجة فى بعض الدول. وتزداد نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة من الطاقة النووية باستمرار فى عدد من الدول وذلك بسبب نقص أو قلة الوقود الأحفورى (الفحم والبترول) الذى يمكن استخدامه فى توليد الكهرباء فى هذه الدول. وتصل نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة بالطاقة النووية إلى ١١٪ فى بعض دول الاتحاد السوفيتى السابق. وفى الولايات المتحدة الأمريكية ١٧٪ وفى السويد ٥٠٪، وفى سويسرا ٤٠٪، وفنلندا ٣٨٪، وبلغاريا ٣٠٪، وبلجيكا ٦٠٪، وحوالى ٦٥٪ فى الهند... إلخ.

ورغم التوسع فى استخدام الطاقة النووية على المستوى العالمى لإنتاج الطاقة الكهربائية، إلا أنه لا توجد حتى الآن ضمانات كافية للسيطرة على الطاقة النووية ومنع حدوث كوارث نووية تكون آثارها بشعة على جميع الكائنات الحية والبيئة كلها، والدليل على ذلك تكرار وقوع حوادث المفاعلات النووية، هذا بالإضافة إلى وجود خطر نووى آخر هو التلوث الناتج عن النفايات النووية وهى مخلفات المفاعلات النووية.

وقد تعرضت العديد من المفاعلات النووية لوقوع حوادث مختلفة مثل نشوب الحرائق أو انفجار المفاعل أو وقوع خلل فى مضخات التبريد. . . إلخ ويصاحب ذلك وينتج عنه تسرب الإشعاعات النووية بكميات مختلفة فتلوث الهواء والماء والتربة وتصل تلك الملوثات فى نهاية المطاف إلى جسم الإنسان.

وربما بدأت حوادث المفاعلات النووية بنشوب حريق فى مفاعل يعرف باسم وندسكيل Windscale والذى يقع على بعد نحو ٦٠ ميلا شمال شرقى لندن. وتسربت من هذا المفاعل سحابة من الغبار الذرى تتكون من عدد كبير من النظائرة المشعة مثل الزينون (١٣٣)، واليود (١٣١)، والسيزيوم (١٣٧)، والبولونيوم (٢١٠). . . إلخ. وقد زحفت هذه السحابة لتغطى مناطق واسعة فى إنجلترا ثم دفعتها الرياح إلى الأجواء الأوربية. وبالطبع قامت الأمطار بإنزال العديد من هذه المخلفات المشعة إلى التربة والمياه فى إنجلترا وأوروبا ولوثتها بدرجات متفاوتة، ثم انتقلت هذه الملوثات إلى النبات فالحيوان فالأنسان فى نهاية المطاف.

ولم يعلن عن حادث مفاعل وندسكيل البريطانى الذى وقع فى سنة ١٩٥٧م وذلك خوفا من ثورة الرأى العام الأوروبى والبريطانى. ولم تعرف هذه المعلومات إلا بعد وقوع الحادث بوقت كبير.

ووقع الحادث الثانى للمفاعلات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية وذلك بانفجار محطة الطاقة النووية فى منطقة تدعى ثرى مايلز أيلند فى مارس ١٩٧٩ وذلك بسبب خلل فى إحدى مضخات تبريد المفاعل وبالطبع انطلقت من المفاعل المنفجر سحابة من النظائر المشعة ووزعتها الرياح على المناطق المجاورة لمنطقة

المفاعل لتستقر تلك الملوثات الخطيرة فى التربة والمياه وتنتقل تدريجيا إلى أجسام النباتات فالحيوانات فالإنسان، ولم يعلن أيضا عن تلك الحادثة فى حينها.

أما الحادثة الثالثة فقد أصابت أحد المفاعلات النووية فى ويستفاليا بألمانيا فى نهاية ١٩٨٥م. وأدى ذلك إلى تسرب سحابة من الغبار النووى فى الهواء الجوى لتوزعها الرياح كما هى العادة على المناطق المحيطة، لتترسب بفعل الأمطار (والجاذبية الأرضية) فى التربات الزراعية والمياه تمهيدا لانتقالها إلى أجسام البشر عبر الأغذية النباتية والحيوانية.

ولم يعلن أيضا عن هذا الحادث فى حينه ولم يعرف عنه إلا القليل بعد فترة طويلة.

أما الحادث الرابع من حوادث المفاعلات النووية والذى نال شهرة كبيرة، بفضل الإعلان الغربى لأغراض سياسية. .إلخ، فهو حادث انفجار مفاعل تشرنوبيل بغرب أوكرانيا والذى وقع فى ٢٦ أبريل سنة ١٩٨٦م. وقد دفع هذا الانفجار الذى وقع فى إحدى محطات القوى فى مفاعل تشرنوبيل بسحابة من الغبار النووى إلى الهواء الجوى، ووزعتها الرياح إلى أجواء العديد من الدول المجاوره.

وبسبب الإعلان الأوروبى والأمريكى لأخبار انفجار مفاعل تشرنوبيل؛ لأغراض سياسية بصفة رئيسية كجزء من الحرب الباردة بين الغرب والاتحاد السوفيتى السابق، فقد عرف العالم أن هناك نحو ٣٢ شخصا قد لقوا حتفهم بسبب الإشعاعات النووية المركزة فى موقع الانفجار، وتم ترحيل أكثر من ١٣ ألف من سكان المنطقة إلى مناطق بعيدة.

وقد انتشرت فى أجواء الدول الأوربية والآسيوية العديد من النظائر المشعة القاتلة مثل البلوتونيوم (٢٣٩)، والروثنيوم (١٠٣)، والرثنيوم (١٠٦)، والسيزيوم (١٣٤)، والسيزيوم (١٣٧)، والباريوم (١٤٠)، واليود (١٣١، ١٣٢) والاسترنشيوم (٩٠). ويعد الاسترنشيوم (٩٠) من أخطر تلك النظائر على صحة الإنسان والحيوان، وذلك بسبب التشابه بينه وبين الكالسيوم فى التفاعلات الحيوية

أو الأيض metabolism ومن ثم يدخل هذا النظير فى جسم الإنسان عبر سلسلة الغذاء كالأسـماك والنباتات ومنتجـات الحيوانات من لحوم وألبان وكـذلك فى مياه الشرب.

وقد وجد أن امتصـاص عنصر الاسترنشيوم (بما فيهـا الاسترنشيوم ٩٠) فى الجهاز الهضمى للإنسان يتناسب عكسيا مع امـتصاص وتركيز عنصر الكالسيوم فى الأمعـاء، بمعنى أنه إذا زاد امتصـاص الكلسيوم إنخـفض إمتصـاص الاسترنشـيوم والعكس صحيحا[٦].

وعلى هذا الأسـاس يجب الاهتمـام بغذاء الأطفـال، وبخاصة فـى مراحل نموهم السريع وتكون العظام بحـيث تتوافر نسبـة عالية من الكالسيـوم فى غذائهم حتى لا يترسب الاسترنسيوم فى عظامهم وما يتبع ذلك من حدوث متاعب صحية عديدة.

وقد اكـتشف الفيزيائى الـفرنسى هنرى بيكوريل H. Becquerel ظـاهـرة النشـاط الإشعـاعى فى سنة ١٨٩٦م وذلك فى أثناء تحـميض فيلـم كان مـوجودا بالقرب من أحد معادن اليورانيوم (معـدن البتشبلند) وقد وجد بيكوريل وزميلان له هما بيـركورى B. Curie وزوجته مـارى كورى M. Curie أن الفيلم قـد تعرض للضوء رغم أنه كان بعيدا عنه، وهنا بدأ البحث عن كيفية تعرض الفيلم للضوء.

وكانت النتيجة اكتشاف عنصرين كيميائيين جديدين هما البولونيوم (نسبة إلى بولندا، مسقط رأس مارى كورى)، والراديوم (ومعناها الشعاع فى اللغة اللاتينية). وهما من نواتج التحلل الإشعاعى لليورانيوم. وذلك بالتغير فى نواه ذرة اليورانيوم وانطلاق واحد أو أكثر من الانبعاثات سـميت بالأحرف الأولى من حروف الهجاء اليونانية وهى ألفا، بيتا، جاما.

أشعة ألفا

تتكون هذه الأشـعة أو الدقائق من أيونات الهـليوم، وتنطلق بسـرعة كبـيرة تصل إلى ١, من سـرعة الضـوء (سرعـة الضوء هى ٢٩٩٧٥٦ كم/ ثانيـة) وهذه الأشعة ثقيلة نسبيا، حيث تصل كتلتها إلى أربعة أمثال ذرة الهدروچين.

ونظرا لثقل هذه الدقائق وانخفاض سرعتها النسبية، فإنها لا تنفذ بسهولة خلال الأجسام ويمكن إيقافها إذا اعترض طريقها صفيحة رقيقة من الألومنيوم لا يزيد سمكها عن ١, مليمتر.

أشعة بيتا:

تتكون هذ الأشعة من دقائق سالبة التكهرب وهى صغيرة بالمقارنة مع كتلة دقائق ألفا، وهى تساوى ١/ ١٨٤٥ من كتلة ذرة الهدروچين تقريبا، ولها سرعة عالية تقترب من سرعة الضوء ويمكنها اختراق المواد الصلبة. وتزداد هذه القدرة بزيادة سرعتها، ولكنها لا تنفذ من لوح من الرصاص سمكه حوالى ٢ مليمتر.

أشعة جاما:

وتتكون هذه الأشعة من موجات كهرومغناطيسية وتشبه أشعة الضوء العادى والأشعة السينية، إلا أن أطوال موجاتها أقل بكثير، ولذا فإن لها قدرة عالية على اختراق المواد.

وقد تنفذ أشعة جاما من لوح من الرصاص سمكه ٢٠ سم. وتصل قدرة أشعة جاما على اختراق المواد إلى ١٠٠ مرة قدر أشعة ألفا، ١٠٠٠ مرة بالنسبة إلى قدرة أشعة بيتا على اختراق المواد.

التجارب النووية وتلوث البيئة:

تعد التفجيرات النووية بهدف التجارب، إحدى وسائل التلوث النووى. وقد أجرت العديد من الدول تفجيرات نووية سرا وعلانية تحت سطح الأرض منذ بداية النصف الثانى من القرن العشرين وتراوح عمق معظم هذه التجارب من ١٠٠ متر وحتى ٢ كم تحت سطح الأرض.

وقد انعقد مؤتمر عالمى فى جنيف فى عام ١٩٥٨ خاص بالأسلحة النووية واختباراتها، وتم التوصل بين الدول النووية فى العالم باستثناء فرنسا والصين إلى اتفاق يحرم إجراء التجارب النووية والتفجيرات فى الجو والفضاء أو تحت الماء.

ولم يشمل التحريم إجراء التفجيرات النووية تحت سطح الأرض.

ويصاحب التفجير النووى تولد وانتشار كميات كبيرة من الغبار النووى المشع فى البيئة والتى تجد طريقها إلى الماء والهواء والتربة وتتسرب إن آجلا أو عاجلا إلى جسم الإنسان من خلال مياه الشرب أو سلسلة الغذاء.

ويزداد خطر تلك التفجيرات النووية إذا أجريت هذه التجارب فوق سطح الأرض، حيث تنطلق نواتج التفجير النووى إلى الهواء مباشرة وتحملها الرياح لتوزعها إلى المناطق المختلفة على سطح الأرض، ونضرب لذلك مثلا بالتفجير النووى الذى أجرته الولايات المتحدة الأمريكية فى أول نوفمبر ١٩٥٢م (٢٠) وعرف هذا التفجير باسم Mike Thermonuclear Expllosion Test وقد أجرى فى إحدى الجزر المهجورة فى المحيط الهادى، وبعد إجراء هذا التفجير تم جمع عينات من التربة القريبة من موقع التفجير، وقام فريق مؤلف من ١٦عالما بدراسة هذه العينات ومحتواها من الركام النووى. ووجدوا أنه يحتوى على عدد كبير جدا من نظائر عناصر ما وراء اليورانيوم Trans - uranic elements، بالإضافة إلى عنصرين جديدين من العناصر المشعة أطلق عليهما اسم الأينشتينوم (نسبة إلى ألبرت أينشتين) (عدده الذرى ٩٩، ووزنه الذرى ٢٥٣) و أطلق على الآخر اسم الفرميوم (نسبة إلى أنريكو فيرمى الذى قام بأول محاولة لتصنيع عناصر مشعة جديدة) [عدده الذرى ١٠٠ووزنه الذرى ٢٢٥].

وتتصف أغلب العناصر المشعة ونظائرها المشعة بأن نشاطها الإشعاعى يستمر طويلا جدا، وتقاس مده النشاط الإشعاعى لعنصر ما بما يعرف بعمر النصف Half - life.

وعمر النصف لعنصر ما هو الوقت اللازم لتحلل نصف أيه كمية منه ليتحول إلى عنصر ثابت.

فإذا احتوت بلورة معدن ما على ١٠٠مليجرام مثلا من عنصر مشع أثناء تكونها، فإنه بانقضاء وحدة عمر نصف واحدة لهذا العنصر يكون قد تحلل ٥٠ مليجرام من العنصر. وبانقضاء وحدتين من وحدات عمر النصف يكون قد تحلل

٧٥ مليجرام أو نصف الكمية الباقية، وبانقضاء ثلاثة وحدات عمر نصف يكون قد تحلل ٨٧,٥ مليجرام وهكذا.

ويتراوح عمر النصف لنظائر العناصر المشعة من جزء ضئيل من الثانية وحتى آلاف الملايين من السنين.

والجدول التالى (جدول ١١) يبين قيم عمر النصف لبعض العناصر المشعة والنواتج النهائية لتحللها الإشعاعى.

جدول (١١)

عمر النصف لبعض العناصر المشعة

العنصر	عمر النصف	ناتج التحلل
ثوريوم (٢٣٢)	١٣,٩ × ١٠^٩ سنة	رصاص (٢٠٨)
روبيديوم (٨٧)	٤,٧ × ١٠^٩ سنة	استرنشيوم (٨٧)
يورانيوم (٢٣٨)	٤,٥ × ١٠^٩ سنة	رصاص (٢٠٦)
يورانيوم (٢٣٥)	٠,٧١ × ١٠^٩ سنة	رصاص (٢٠٧)
بوتاسيوم (٤٠)	١,٣ × ١٠^٩ سنة	أرجون (٤٠)
كربون (١٤)	٥٥٦٨ سنة	نتروچين (١٤)

النفايات النووية وتلوث البيئة:

النفايات النووية هى كل المواد الصلبة والسائلة والغازية التى تتخلف عن التفجيرات والتجارب النووية ومخلفات الوقود المستخدم فى المفاعلات النووية. ويتكون الوقود المستخدم فى المفاعلات النووية من اليورانيوم (٢٣٨) أو اليورانيوم (٢٣٣) أو البلوتونيوم (٢٣٩). ويستخدم عادة أكسيد اليورانيوم المضغوط فى صورة قضبان صغيره طولها نحو ١٣سم وقطر الواحد منها نحو ٨ مم وتصف هذه

القضبـان بطريقة خاصة فى أنابيب توضع فى داخل المفاعل ويسـتهلك هذا الوقود عندما يتحـول جزء كبيـر منه إلى عناصر أخرى. وتحتوى هذه النـفايات على قدر كبير من نظائر العناصر المشعة وقد ظهرت مشكلة التخلص من النفايات النووية منذ عام ١٩٤٤م مع أول إنتاج لعنصـر البلوتونيوم، الذى تصنع منه القنبلة الذرية، فى الولايات المتحدة الأمريكية ولا تعرف كميات وأنواع النفايات النووية العالمية وكمية النظائر المشعة فيها. ولا يـعرف أيضا كيف تخلصت كل دولة من الدول التى لديها كمـيات كبيـرة من تلك المخلفات، نقول لا يعـرف كيف تخلصت هذه الدول من مخلفاتها..

وقد جـرت محـاولات غير إنـسانية من الدول الـنووية الكبرى والصـغرى للتخلص من نفاياتها النووية بدفنها فى أراضى الدول الإفريقية وفشلت بعض تلك المحاولات. ومـن المرجح أن كثـيرا منهـا قد تم دفنه بالفـعل فى صحـارى الدول الأفريقية أو الأمريكية الجنوبية أو فى مياهها الإقليمية... إلخ.

ولا يزال هناك جدل كبير بين العلماء على الطريقة المناسبة للتخلص من تلك التفايات. ويرى البـعض إمكانية إلقائها فى الفضاء الخـارجى، ويرى آخرون دفنها مع احتـياطات كبـيره فى حفر عـميقـة فى باطن الأرض. وفى كلا الحالتـين فإن أخطار النفايات النووية على تلوث البيئة لا تزال قائمة كما أشرنا إلى ذلك آنفا.

العناصر المشعة فى التربة والمياه:

يتوقف تركـيز المواد المشـعة. ومن ثم درجـة التلوث الإشعاعى، فـى التربة والمياه على عدد كبير من العوامل مثل أصل ونوع الصخور التى تكونت منها التربة وعمرها الجيولوجى ودرجة الحرارة والمناخ السائد فى أثناء تكون هذه التربة، وعلى هذا الأساس يتفاوت تركيز العناصر المشعة فى التربات الزراعية تفاوتا كبيرا.

وتحتوى التربات المشتقة من الصخور النـارية الحامضية كالجرانيت وغيره على نسبة عالية من المواد المشعة مثل اليورانيـوم والثوريوم والبوتاسيوم المشع (البوتاسيوم ٤٠) وذلك بالمقارنـة مع التربات المشتـقة من الصـخور القاعـدية وفوق القـاعدية

كالجابرو والبازلت وغيرهما. ويتوقف تركيز اليورانيوم فى الترابات المشتقة من الصخور النارية الحامضية على الرقم الهدروچينى ومعامل الأكسدة والاختزال السائدين فى أثناء تكون هذه الترابات.

وكلما انخفض الرقم الهدروچينى (أى زادت حامضية الوسط الكيميائى الذى تتكون فيه التربة) زادت عمليات أكسدة اليورانيوم من الحالة الرباعية التكافؤ إلى الحالة السداسية وهى الصورة الأكثر ذوبانا لليورانيوم، ومن ثم يتم إزالتها وشطفها من التربة. ويزداد تركيز اليورانيوم فى الوسط القاعدى، حيث يكون اليورانيوم فى الصورة الرباعية التكافىء، الأقل ذوبانا، ويكون عددا من المركبات التى تكون ثابتة كلما زاد الرقم الهدروچينى عن ٧,٥ .

ويعتبر الراديوم (٢٢٦) أقل ذوبانا من اليورانيوم فى البيئة السطحية، ومن ثم يزداد تركيزه فيها، وقد ينتقل إلى المياه السطحية ويتركز فيها بدرجة كبيرة، أو يتم امتصاصه بواسطة أكاسيد الحديد والمنجنيز والمعادن الطينية. وقد يترسب الراديوم مع الباريوم والكالسيوم والمغنسيوم فى التربة.

ويعتبر تركيز الراديوم مؤشرا جيدا لتركيز غاز الرادون (٢٢٢) (عمر نصفه ٣,٨٢٥ يوما) ومن ثم يوجد هذا الغاز عادة بالقرب من عنصر الراديوم، حيث يتركز هذا الغاز فى الفجوات الصخرية أو مسام التربة أو المياه السطحية القريبة من عنصر الراديوم وقد يتطلق غاز الرادون إلى الهواء الجوى ويلوثه.

ويتراوح تركيز اليورانيوم فى التربة من ١ إلى ٥ أجزاء فى المليون ويختلف تركيز اليورانيوم فى المياه الجوفية اختلافا كبيرا وذلك بحسب نوع الصخور التى توجد فيها هذه المياه وكيميائيتها، حيث يزداد تركيز اليورانيوم فى المياه بزيادة حامضيتها[٢٢].

وتعتبر المياه الجوفية أو السطحية التى تحتوى على ٤ أجزاء من البليون (ppd) يورانيوم مياه ذات تركيز شاذ. وقد تحتوى بعض المياه فى البيئات الصحراوية القارية الجافة على تركيزات عالية من اليورانيوم تصل إلى عدة مئات أجزاء فى البليون وقد تصل إلى ٢٠٠ جزء فى المليون فى المياه بالقرب من رواسب وخامات اليورانيوم[٢٢].

وتحتوى بعض التربات على حوالى ١٠ أجزاء فى المليون ثوريوم. كما تحتوى المياه السطحية على تركيزات متفاوتة من الثوريوم تتراوح من ٠,٠٠٥ إلى ٠,١ جزء فى البليون.

ولم تدرس بعد التربات والمياه فى الصحارى المصرية من حيث محتواها من العناصر المشعة. ويجب دراستها وبخاصة تلك المناطق المستهدفة للاستصلاح كما هو الحال فى الوادى الجديد توشكى والعوينات وسيناء.

قياس درجة الإشعاع:

تتوقف شدة الأضرار الناجمة عن التعرض للإشعاعات النووية على طاقة هذه الإشعاعات وطبيعتها، ثم على طبيعة المواد التى تعرضت للإشعاع.

ويقدر تركيز ودرجة الإشعاع بمقاييس مختلفة أهمها:

(١) الرونتجن Roentgen:

وتستخدم هذه الوحدات الإشعاعية فى حالة أشعة جاما أو أشعة آكس (الأشعة السينية). وهى مقدار الأشعة التى إذا مرت فى حجم من الهواء مقداره سنتيمتر مكعب واحد اكتسب هذا الحجم من الهواء الجاف وحدة واحدة من الكهربائية الاستاتيكية (ويقدر عدد الأيونات الناتجة من هذا الحجم من الهواء فى هذه الحالة بحوالى ٢٠٨٣ مليون أيون) ووحدة الرونتجن تعادل ٨٧ إرج لكل جرام من الهواء، وتختلف بالنسبة للمواد الأخرى. وفى هذه الحالة تستخدم وحدة أخرى لقياس شدة الإشعاع وهى الراد Rad .

(٢) الراد Rad:

وتستخدم هذه الوحدة لقياس جميع الإشعاعات وهى مقدار الإشعاع الذى يكسب جراما واحدا من وسط معين قدرا من الطاقة يساوى مائة إرج (والإرج هو وحدة الشغل فى النظام المترى وتساوى داين/ سم).

ويقاس تأثير الإشعاع على الأنسجة البيولوچية بوحدة تعرف باسم الريم Rem وهى تكافىء وحدة رونتجن واحدة من الأشعه السينية أو أشعة جاما (وكلمة Rem وهى الحروف الأولى للمصطلح Roentgen Equivalent Man) وعلى هذا الأساس فإن:

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$$

حيث Q تساوى ١ فى حالة الأشعة السينية وأشعة جاما.

Q = ١ إلى ١,٧ فى حال أشعة بيتا

Q = ١٠ فى حالة أشعة ألفا

وبالنسبة لأشعة ألفا وبيتا وجاما، فإن دقائق ألفا هى أقل الأنواع الثلاثة قدرة على النفاذ واختراق المواد، وعلى هذا الأساس فإن أشعة ألفا المنطلقة من مصادر خارجية نادرا ما تخترق الأجسام. أما إذا ابتلع الإنسان مثلا مصدرا لأشعة ألفا وأصبح هذا المصدر فى داخل جمسه (فى الرئتين أو المعدة) فإن ذلك يسبب مخاطر كبيرة، حيث تتركز نشاط هذه الأشعة التدميرى فى داخل الجسم ولا يتسرب إلى خارج الجسم بسهولة.

وتعبر أشعة جاما الآتية من مصادر خارجية بالنسبة للجسم ذات خطر كبير وذلك بسبب مقدرة هذه الأشعة على اختراق الأجسام ويليها فى ذلك أشعة إكس منخفضة الطاقة.

وعموما تعتبر جسيمات ألفا أشد الإشعاعات تأثيرا على الأنسجة البيولوچية، تليها البرتونات. وتعتبر أشعة جاما وجسيمات بيتا أقل أثرا على الأنسجة البيولوچية.

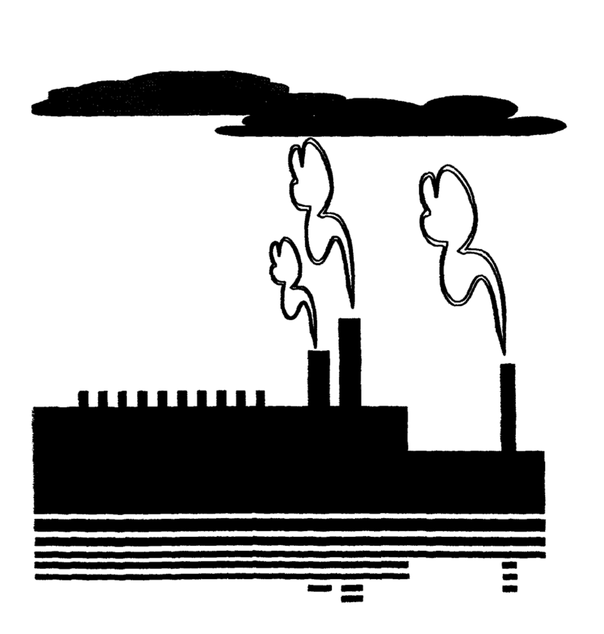
ويجب ألا يتعرض الإنسان لإشعاع نووى يزيد مقداره عن خمسة ريمات فى اليوم. كما يجب تجنب التعرض للإشعاعات النووية حتى الضعيف جدا؛ لأن استمرار التعرض لتلك الإشعاعات لفترات طويلة تؤدى إلى أضرار بالغة الخطورة.

ويتعرض الإنسان لمتاعب صحية مـختلفة إذا تعرض لإشعاعات زائدة. فلو تعرض الإنسان لإشعاع نووى قـدره ١٠٠ريم فإن يعانى من اضطرابات فى دورته الدموية ويبدأ شـعر رأسه فى السقـوط، ويصاب بالسرطان إذا تعرض لإشـعاع نووى يزيد عن ٨٠٠ ريم. ولهذا السبب يحـمل العاملون فى مجال التنقـيب عن المواد المشعة والعاملون فى المحطات النووية وغيرهم يحملون أجهزة تقيس درجة الإشعاع الذى يتعرضون له.

■●●●■

الفصل التاسع

التلوث الضوضائى



الضوضاء هي إحدى إفرازات المدنية المعاصرة وضريبة باهظة من ضرائبها يؤديها الناس صاغرين من صحة أجسامهم وعقولهم أيضا.

والضوضاء سمة مميزة للمدن المزدحمة، وعنصر مستحدث من العناصر الملوثه للبيئة. وتعرف الضوضاء بأنها كل الأصوات غير المناسبة فى المكان والزمان غير المناسبين أيضا.

والتلوث الضوضائى هو الصخب الذى يملأ المكان ويقتحم آذان الناس ويملأها رغما عنهم بما لا يسرهم ولا يرضيهم.

وهناك صور شتى من التلوث الضوضائى ويختلف تقدير الأفراد والمجتمعات لنوع وشدة ذلك التلوث. ويعتمد ذلك على عوامل شخصية واجتماعية وثقافية وغيرها.

ويوجد تلوث ضوضائى فى وسائل الاتصالات الإلكترونية، مثل الاضطرابات وعدم وضوح الصوت أو تدخل الأصوات... إلخ ويزداد هذا التلوث فى تلك الأجهزة مع تعقيد تلك الأجهزة وحجم المعلومات المتداولة فيها، وعلى هذا الإنسان فإن الإنسان قد يواجه زيادة مضطردة فى التلوث الإلكترونى مع زيادة وتعاظم وسائل المواصلات اللاسلكية، وبذلك يمكن القول بأن التلوث الضوضائى هو ضريبة قاسية غير متوقعة للاستخدام المكثف والمتنامى للطاقة فى عصرنا هذا.

ويصعب فى واقع الأمر وضع حدود فاصلة لمدى التلوث الضوضائى للبيئة كما هو الحال بالنسبة للملوثات التقليدية الأخرى، كالملوثات الصلبة والسائلة والغازية والبيولوچية وغيرها.

فمن اليسير إلى حد كبير تقدير مدى التلوث بالشوائب فى الماء مثلا أو الغازات والأتربة فى الهواء، أو المواد الصلبة على سطح الأرض أو شواطىء البحر

مثلا، وقد يكون لتلك الملوثات آثار محدودة على الأشخاص، بيما يتأثر الأشخاص بدرجات متفاوتة جدا بالتلوث الضوضائى، فقد تجد شخصا يؤذيه ويؤلمه صوت معين، بينما لا يحس بذلك شخص يقف بجواره فى الأماكن العامة مثلا. ويعود السبب فى ذلك إلى تفاوت حساسية الأفراد تفاوتا شديدا تجاه التلوث الضوضائى ولو كانوا يعيشون فى منزل واحد.

ويعتبر المسح الميدانى هو الوسيلة الوحيدة حاليا لمعرفة مدى تأثر الأشخاص بالأصوات المزعجة وأنواعها وشدتها. وبالطبع فإن لهذا الأسلوب عيوب عديدة أهمها العوامل الشخصية والنفسية، وهى عوامل شخصية وغير علمية إلى حد بعيد. فقد يتأثر شخص ما بأصوات أطفال الجيران الذين يلعبون، بمدى حبه وعلاقاته مع هؤلاء الأطفال وذويهم حبا كان أم كرها.

وهناك أنظمة مختلفة لقياس شدة الأصوات، ولكن أفضل تلك الأنظمة هو الديسبل Decibel وهو وحدة قياس سميت باسم السير ألفريد بيل Sir Alfred Bell.

وتقاس شدة الصوت بالديسبل، وهى تساوى ٠,١ وحدة أكبر هى البل Bel.

وأضعف صوت تسمعه أذن الإنسان العادى هو الصوت الذى شدته ديسبل واحد.

ويطلق على عدد الذبذبات فى الثانية لصوت ما اسم التردد،ويعبر عنه بالهرتز Hertz، فالهيرتز هو وحدة الذبذبة (ذبذبة واحدة فى الثانية).

وتسمع أذن الإنسان العادى الأصوات التى تتراوح ذبذبتها من ١٦ إلى ٢٠,٠٠٠ هرتز، وينخفض هذا المدى مع تقدم العمر وعوامل أخرى عديدة.

والأصوات التى تقل ذبذبتها عن ١٦ هرتز تكون غير مسموعة، والتى تزيد ذبذبتها عن ٢٠٠٠٠ هرتز تسمى أصوات فوق سمعية (غير مسموعة).

وهناك أناس يمكنهم سماع أصوات لا يسمعها غيرهم. وتسمع كثير من الحيوانات مثل الكلاب أصوات لا يمكن للأذن البشرية سماعها.

ويعبر عن الأصوات أحيانا بمصطلح صوتى نفسى Psycho - acoustic term هو الفون Phon .

فالفون هو درجة وحدة الجهارة، آخذا فى الاعتبار شدة الصوت وذبذبته. فالصوت الذى مقداره ٩٢ ديسبل وذبذبته ٢٠ هرتز يعادل ٤٠ فون (أى جهارته أو ارتفاعه تساوى ٤٠ فون).

وللأذن البشرية حساسية واسعة المدى لشدة الأصوات التى تتراوح من صفر وحتى ١٨٠ ديسبل والمقدار صفر ديسبل يسمى بالقيمة المشرفية أو الحدية للسمع Threshold value أما المقدار ١٨٠ ديسبل فهو بداية الإحساس بالأذى أو الألم ويسمى بالقيمة الحدية أو المشرفية للألم من شدة الأصوات العالية أو الضوضاء.

والقيمة المشرفية لإدراك الأصوات تعنى الحد الأدنى لشدة الأصوات التى يمكن للأذن البشرية إدراكها والإحساس بها. وقد يشعر بعض الأشخاص بالقلق وعدم الراحة بسبب سماعهم لأصوات لا تزيد شدتها عن ٨٥ ديسبل، بينما لا يشعر آخرون بالقلق أو الإزعاج من الأصوات التى تصل شدتها إلى نحو ١١٠ ديسبل.

ويبدأ الشخص العادى الشعور بالقلق وعدم الراحة فى بيئة تصل فيها شدة الصوت إلى ١٤٠ ديسبل أو أقل، علما بأن المحاورات والمناقشات العادية قد تصل شدة الصوت فيها من ٣٠ إلى ٦٠ ديسبل بيما تصل شدة الصوت المنطلق من محرك طائرة نفاثة عند إقلاعها إلى ١٦٠ ديسبل أو أكثر ويعتمد تأثير الأصوات على أذن الإنسان على ذبذبة أو طبقة تلك الأصوات فالأصوات ذات الطبقات أو الذبذبات العالية تحدث ضغوطا أعلى من تلك المنخفضة الطبقة أو الذبذبة.

وتتفاوت شدة وضغط الصوت، فى حدود الأصوات المسموعة، من شخص لآخر تفاوتا كبيرا فالأذن البشرية لا تشعر بالأصوات بنفس الطريقة فى مدى الذبذبات المسموعة تلك الأصوات والأصوات ذات الطبقات الصوتية المنخفضة قد تبدو للأذن كالضجيج غير المميز، وبالمثل فإن الأذن البشرية لا تحس بالأصوات ذات الذبذبات العالية والتى تزيد عن ٢٠٠٠٠ دورة فى الثانية بينما يمكن لبعض الحيوانات سماع تلك الأصوات، كما يمكنها أيضا سماع الأصوات الضعيفة جدا والتى لا يحس بها الإنسان، ولهذا السبب تعد بعض الحيوانات بمثابة أجهزة إنذار مبكر لوقوع الزلازل.

وفى الحكايات الشعبية فى دول الحضارات القديمة فى مصر والعراق والهند والصين وفارس وغيرها ما يؤكد أن بعض الحيوانات يمكنها الإحساس بالهزات الأرضية الضعيفة جدا (والتى تسبق وقوع الزلازل عادة ـ وتسمى بالهزات الإنذارية المبكرة ـ وذلك قبل حدوث الهزات الأرضية (بأيام إلى ثوان) وتشير هذه الحكايات إلى أن الكلاب تنبح والديوك تصيح قبل وقوع الزلازل بوقت قصير. وترفض الحيوانات فى الحدائق والحقول أن تأوى الى حظائرها ليلا، وتخرج الثعابين والسحالى والثدييات الصغيرة من جحورها وهى مذعورة، وتطير الحشرات فى جماعات كبيرة قرب الشاطىء وتتجه الحيوانات الطليقة صوب المرتفعات وتهرب الطيور البرية من أعشاشها، وترفع الأرانب آذانها إلى أعلى وتظل تقفز بدون هدف وترتطم بالأشياء من شدة الذعر، وتقفز الأسماك مذعورة فوق سطح الماء.

ويفسر السلوك غير العادى لبعض الحيوانات قبل وقوع الهزات الأرضية بأن بعض حواسها تحس بالأصوات الضعيفة جدا والتى تنتج بسبب تحركات الصخور فى أعماق الأرض قبل وقوع الهزات الكبيرة، غير أن أحدا لم يعمل على تطوير هذا السلوك فى مجال التنبؤ بوقوع الزلازل، علما بأن الصينيين هم أكثر الناس حماسا واهتماما بهذا الموضوع [٢١، ٢٢]

وللضوضاء مصادر متعددة بعكس مصادر التلوث الأخرى، وقد يصعب السيطرة عليها كما هو الحال فى ملوثات الماء والهواء والأرض الأخرى والسابق

ذكرها. ورغم ذلك فإنه ليس للضوضاء آثار مستقبلية، حيث ينقطع تأثيرها بمجرد انقطاع تلك الأصوات المسببة لها. وهى ذات أثر محلى محدود وتختلف فى ذلك اختلافا جوهريا عن بعض الملوثات العالمية كالإشعاعات النووية أو الغازات السامة التى تنتشر بفعل الهواء فى معظم أرجاء الكرة الأرضية. وتعتبر الضوضاء الصادرة عن حركة الآلات الميكانيكية فى الورش والمصانع وغيرها. تعتبر من أشد أنواع الضوصاء تأثيرا على الإنسان.

وعموما يتوقف التأثير السلبى للأصوات المختلفة على مستوى أو منسوب الصوت.

والجدول التالى (جدول ١٢) يبين مستوى بعض الأصوات فى البيئات المختلفة.

والأرقام فى هذا الجدول هى أرقام تقريبية وتتفاوت من موقع لآخر حسب اعتبارات عديدة.

وحسب قانون التربيع العكس فإن شدة الصوت تنخفض إلى الربع بمضاعفة المسافة بين مصدر الصوت والراصد.

وبينت الدراسات الميدانية أن الضوضاء المقبولة وغير المقلقة بالنسبة لنزلاء المستشفيات والمسنين عموما هى تلك التى لا تزيد شدتها عن ٣٥ ديسبل فى أثناء الليل، ونحو ٤٥ ديسبل خلال ساعات النهار وفى جميع الحالات يجب ألا تزيد شدة الضوضاء عن ٥٥ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق السكنية هى نحو ٤٥ ديسبل فى أثناء الليل، ٥٥ ديسبل فى النهار، وأعلى قيمة محتملة هى ٧٠ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق التجارية هى حوالى ٦٠ ديسبل فى المتوسط، والقيمة العليا أو الذروة هى ٧٥ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق الصناعية ٦٥ ديسبل فى المتوسط وأعلى قيمة هى نحو ٨٠ ديسبل

جدول (١٢)

مستوى أو منسوب الأصوات فى البيئات المختلفة

البيئة	شدة الصوت بالديسبل
حديقة هادئة	٣٠
منطقة سكنية خالية من وسائل المواصلات	٤٠
منطقة خلوية تبعد ٣ أمتار عن نهر هادىء	٥٠
فى داخل محل تجارى كبير	٦٠
فى داخل سيارة صغيرة	٧٠
فى داخل عربة قطار	٧٥
على بعد ٦٠سم من ساعة دقاقة	٨٠
فى داخل غرفة طباعة صحف	٨٥
فى داخل طائرة نفاثة	٨٥
على بعد ٨ م من مطرقة تعمل بضغط الهواء	٨٥
على بعد ١ كم من طائرة نفاثة عند إقلاعها	٩٠
على بعد ثمانية أمتار من بوق سيارة	٩٥
فى داخل طائرة عند إقلاعها	١٠٠
فى داخل مصنع	١٠٠
على بعد خمسة أمتار من بوق سيارة	١٠٠
على بعد متر واحد من مطرقة آلية	١٢٠
على بعد ١٠متر من موتور طائرة نفاثة	١٣٠
على بعد ٥ م من موتور طائر نفاثة	١٤٠

ويجب أن تقل شدة الأصوات المقبولة فى داخل المنشآت عن القيم التالية:

- فى صالات عرض الأفلام فى التليفزيون: ٣٠ ديسبل
- المسارح وصالات الاحتفالات: ٣٥ديسبل
- المستشفيات والفنادق: ٤٠ ديسبل
- المكتبات العامة ومقار العمل: ٤٥ ديسبل
- المحلات التجارية والبنوك: ٥٠ ديسبل
- المطاعم والورش.. إلخ: ٥٥ ديسبل

ويجب ألا يغيب عن أذهاننا أن تأثر الإنسان بالضوضاء يتوقف على عوامل عديدة بعضها شخصى، وأن ذلك يختلف من مكان لآخر ومن شخص لآخر، وحتى بالنسبة للشخص ذاته يتفاوت مدى تأثره بشدة الضوضاء على حالته النفسية وصحته العامة... إلخ.

وتعد الضوضاء الناجمة عن المركبات والآلات الميكانيكية من أكبر الملوثات الضوضائية فى المدن.

وتساهم المبانى والمنشآت الحديثة فى زياده إحساس الناس بالضوضاء، فمعظم المبانى متلاصقة، وذات جدر رقيقة نسبيا ومبنية من مواد موصلة للصوت وليست ماصه له. وقد بنى أسلافنا بيوتهم بجدران سميكة من الطين واللبن، وهى مواد عازلة وماصة للصوت. أما فى البيوت الحديثة فالجدران رقيقة وتتكون من مواد موصلة للصوت، مما يزيد من الإحساس بالتلوث الضوضائى فى المدن المزدحمة، هذا بالإضافة إلى وجود العديد من الأجهزة التى تساهم فى زيادة التلوث الضوضائى مثل أجهزة التكييف والتلفزيون الراديو... إلخ والسيارات وغيرها وشاحنة كبيرة واحدة يصدر عنها صوت تصل شدته إلى ٩٠ديسبل، وحفل عرس قد يلوث البيئة بأصوات وضوضاء مزعجة تزيد شدتها عن ٩٠ ديسبل... إلخ الجدير بالذكر أن الأصوات المتداولة فى الاجتماعات العامة والأسواق تتراوح شدتها من ٨٠ إلى ٩٥ ديسبل، وقد تزيد عن ذلك بحسب طبيعة المناقشات ونوعيه المتناقشين وثقافاتهم ونوع المناقشات... إلخ.

الآثار السلبية للتلوث الضوضائى:

للتلوث الضوضائى آثار سلبية على حياة الناس، ويتوقف ذلك على شدة الضوضاء ودرجة إحساس الناس بالضوضاء والتى تتوقف على عوامل شخصية عديدة كما ذكرنا آنفا. وتصبح حياة الناس قلقة بسبب الضوضاء الشديدة، وخاصة إذا تعرض الناس للضوضاء لفترات طويلة.

وقد ينام الإنسان بصورة متقطعة، وغير مريحة، أو حتى قد يصعب النوم أحيانا فى بيئة تملأها الضوضاء والصخب الشديدين.

كما تتأثر حاسة السمع مع استمرار تعرض الأذن للضوضاء، ويزداد تأثر الأذن إذا تعرضت لضوضاء شدتها ١٠٠ ديسبل، وحتى لو تعرضت الأذن لذلك لفترة قصيرة.

وتصاب حاسة السمع بالعطب، أو نقل كفائتها عند العمال الذين يعملون فى الورش الميكانيكية ذات الضوضاء الشديدة، وكذللك العاملون فى المطارات الذين يتعرضون لأصوات محركات الطائرات النفاثة عن قرب، حتى لو كان ذلك لفترات محدودة.

ويقل تحصيل الطلاب واستيعابهم للدروس فى المناطق الملوثة ضوضائيا والتى تزيد فيها شدة الضوضاء عن ٧٠ ديسبل. وقد بينت بعض الدراسات الميدانية على تلاميذ المدارس فى بعض الدول الأوروبية، أن الضوضاء تقلل من درجة تقبل هؤلاء التلاميذ لما يتلقونه من الدرس، وتكثر الأخطاء الإملائية للتلاميذ عندما يتعرضون للضوضاء (عند ترك النوافذ مفتوحة) ونقل الأخطاء مع خفض شدة الضوضاء (بإغلاق نوافذ الفصول مثلا).

ويصاب كثير من الناس بالإجهاد الذهنى والعصبى والنفسى من الضوضاء الشديدة، وتقل قابليتهم للعمل والإنتاج وقد يصاب البعض بالاكتئاب، وتسبب الضوضاء الشديدة وقوع حوادث عنف بين الناس، ويؤيد ذلك مناظر المشاجرات اليومية التى تقع بين سائقى السيارات فى الشوارع المزدحمة فى المدن الكبيرة وذلك لأسباب تافهة أحيانا.

وتصاب الأذن الداخلية إذا عاش الإنسان فى ضوضاء شديدة تزيد شدتها عن ١٠٠ ديسبل. وتختلف الضوضاء المسموح بها من دولة لأخرى، فالحد الأقصى للضوضاء المسموح بها فى الولايات المتحدة الأمريكية هو نحو ٩٠ ديسبل، على ألا يتعرض لها الإنسان لأكثر من ثمانية ساعات فى اليوم، ويقل الحد الأقصى للضوضاء المسموح للتعرض لها عن ٨٠ ديسبل فى بعض الدول الأوروبية مثل هولندا.

وتشير بعض الدراسات الميدانية أن الضوضاء التى تقل شدتها عن ٧٥ ديسبل تعتبر غير ضارة ولا نؤثر على الأذن بشرط إلا يتعرض لها الإنسان لفترات طويلة، علما بأنه هناك أناس تضايقهم دقات الساعات الدقاقة ذات الصوت العالى، وبخاصة إذا كانت قريبة من مسامعهم. ويتأثر كثير من الناس بأصوات المناقشات الحادة العصبية، وتأتى المضايقة هنا بسبب طبيعة المناقشات، بالإضافة إلى الضوضاء المصاحبه لذلك، ويتوقف ذلك كثيرا على حساسية الأفراد.

وهناك أفراد منهم كتاب ومفكرين مشهورين، يمكنهم التركيز وإنجاز أعمالهم فى بيئة تتخللها ضوضاء خفيفة ويفضلون هذه البيئة على البيئة التى تنعم بالهدوء المطبق. ومن هؤلاء الكتاب الأستاذ توفيق الحكيم ـ رحمه الله ـ الذى كتب كثيرا من أعماله الخالدة وهو جالس وسط أصدقاءه فى مقهاه المفضلة فى الإسكندرية والقاهرة.

وعلى الجانب الآخر فقد تصيب الأصوات المتقطعة بعض الناس بتشتت الفكر وحتى الذهول ويقلل ذلك كفاءة وإنتاج الذين تعودوا على الاستماع إلى ضوضاء خافتة ثابتة. وتقل الكفاءة عموما فى حالة الاستماع إلى ضوضاء تزيد شدتها عن ٩٠ ديسبل

الضوضاء الناجمة عن حركة السيارات:

تتعدد مصادر الضوضاء الذى تعانى منه المدن الكبيرة غير أن أكثرها تلويثا للبيئة هى الأصوات الناجمة عن حركة مئات الآلاف من السيارات فى شوارع تلك

المدن والتى لا تنقطع ليلا أو نهارا. وأكثر تلك الاصوات إزعاجا هى أصوات أبواق السيارات والأصوات الناتجة عن محركات السيارات ويختلف شدة ضجيج المركبات بحسب أنواع تلك المركبات وسلامة هياكلها ومحركاتها، وسرعتها. . . إلخ، حيث يزيد ضجيج السيارات مع تكرار توقف وتحرك تلك السيارات وسرعة حركتها.

وتعانى المناطق القريبة من المطارات من ضجيج الطائرات النفاثة، وذلك بسبب الامتزاج العنيف للغاز المنطلق من محرك الطائره بالهواء الجوى، والذى يولد الصوت المميز للطائرات النفاثة ويصل الضجيج مداه عند إقلاع الطائرة، حيث يحتاج إقلاع الطائرة إلى قوة دفع كبيرة، ويقل ذلك بعد إقلاع الطائره وتحليقها فى الجو.

ويمكن التقليل من الضجيج المصاحب لإقلاع الطائرات النفاثة باستخدام كاتم للصوت، والذى يقلل فى نفس الوقت من قوة الدفع للمحرك النفاث المطلوبة لإقلاع الطائرة ويزيد أيضا من استهلاك الوقود.

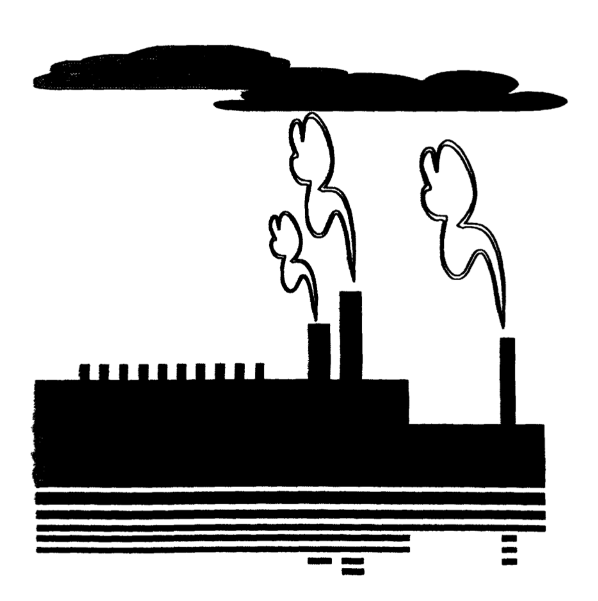
ويمكن الحد من التلوث الضوضائى بالإكثار من زراعة الأشجار الماصة للأصوات على جوانب الطرق وفى المناطق الملوثة ضوضائيا. وإدخال تحسينات على محركات السيارات والأجهزة الميكانيكية عموما، بحيث ينطلق منها أقل قدر من الضوضاء، ثم سن قوانين مناسبة تنظم استخدام أبواق السيارات وشدتها وبخاصة فى المناطق السكنية وبالقرب من المستشفيات والمدارس. . . إلخ.

والأسلوب الأمثل والأكثر فعالية فى مقاومة من التلوث الضوضائى هو تعليم الناس وتدريبهم على كيفية تقليل الضوضاء.

■●●●■

الفصل العاشر

نحو برنامج شامل للتربية البيئية
وحماية صحة البيئة



يقصد بالتربية البيئية تعويد الناس وتدريبهم على حب البيئة النظيفة النقية، والمحافظة عليها، وجعلها خالية من الملوثات بقدر الإمكان، فالوقاية خير من العلاج. فإذا تعود الطفل منذ نشأته حب البيئة النظيفة فإنه يشب على ذلك ويصبح ذلك السلوك جزءا من كيانه وذاته.

وملوثات البيئة ـ كما ذكرنا آنفا ـ قديمة، قدم البيئة ذاتها. غير أنها زادت فى عصرنا هذا زيادة ملحوظة بسبب الإفراط فى إستهلاك مواد الطاقة، والإفراط فى إنتاج مواد كيميائية ونووية، لأسباب متعددة، واستخدام تلك المواد فى الأغراض المعيشية المتنوعة وقد أثرت ملوثات البيئة فى الهواء والماء والتربة، وبخاصة فى الريف، على البيئة الطبيعية وعلى كثير من الأنواع النباتية والحيوانية، وأثرت هذه الملوثات على التوزان البيئى بدرجات متفاوتة، وقد ينتج عن ذلك تغير فى التنوع البيولوجى، ولذلك انعكاسات خطيرة على الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة وقد يؤدى ذلك فقد بعض الأحياء النافعة وزيادة عناصر طارئة قد يكون منها ضرر بالغ مثل الفئران والعنكبوت الأحمر ودودة القطن. وأدى الإفراط فى استخدام المخصبات الكيميائية والبيولوجية، ومبيدات الحشرات... إلخ بغرض زيادة الإنتاج الزراعى أدى ذلك إلى تسرب تلك المواد الضارة إلى البيئة الريفية عامة وشبكات الرى والصرف خاصة، وينتهى بتلك المولوثات إلى جسم الإنسان والحيوان والنبات.

وعانت البيئة فى عصرنا الحاضر من الملوثات النووية، وهى أخطر ملوثات البيئة، وتحتوى العديد من النفايات الصلبة والسائلة والغازية على مواد مسرطنة.

ويكمن الخطر الرئيسى فى المواد المسرطنة فى أن آثارها الضارة لا تظهر إلا بعد فترات طويلة من تعرض الإنسان لتلك المواد الخطيرة، وقد تمتد تلك الفترات إلى ٢٠ أو ٣٠ سنة بعد التعرض لتلك المسرطنات.

وقد لوحظت العلاقة المحتملة بين التلوث وأنواع السرطان المختلفة، وخاصة سرطان الرئة وذلك منذ سنة ١٩٣٦م، ومنذ ذلك التاريخ يجرى العلماء دراسات لمحاولة التعرف على العلاقة بين بيئة التمدن بما فيها من ملوثات، وبين هذه الأمراض الخطيرة.

وفى الآونة الأخيرة دخلت ملوثات جديدة هى المخصبات الهرمونية، والتى يستخدمها البعض بدون ضوابط لزيادة الإنتاج الزراعى أو الحيوانى، وهى فى الواقع سموم طويلة المفعول بالنسبة للإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

● والحل الأمثل لحماية البيئة هو إدخال الوعى البيئى فى ثقافة المجتمع وجعله جزءا هاما من نسيجه ومكوناته، وتدريب الناس أجمعين على المحافظة على البيئة نقية بقدر الإمكان فالملوثات البيية لا تعرف الحدود ولا تمنعها السدود.

ويتم ذلك بإدخال الوعى البيئى ضمن المقررات الدراسية فى المدارس لإعداد نشء وأجيال محبة للبيئة النظيفة، هذا بالإضافة إلى سن التشريعات القانونية التى تحافظ على صحة البيئة .. وبمرور الوقت يصبح ذلك السلوك عرفا عاما من أعراف المجتمع.

ويجب أن يتم ذلك بالتدريج وبدون إزعاج إعلامى مثير أو مفتعل.

● والخطوة الثانية فى هذا البرنامج هو إعداد خرائط بيئية لكافة مناطق الجمهورية تبين توزيع العناصر الكيميائية الشحيحة فى مصادر المياه السطحية (نهر النيل والبحيرات والترع والقنوات والمصارف الزراعية ..إلخ) والمياه الجوفية، والنباتات والتربات، وكذلك تقدير أنواع وكميات الكائنات الحية الدقيقة فيها. وتكون هذه الخرائط بمثابة مرشدات عن أنواع وشدة وتركيز الملوثات فى البيئة، ويتقرر على ضوئها نوع وطبيعة الخطوة التالية، وهى التخلص من الملوثات وحماية صحة البيئة.

مشروع إعداد خرائط جيوكيميائية - زراعية
للمناطق الصحراوية المستهدف إصلاحها

يحصل الإنسان والحيوان على معظم احتياجاته الغذائية من المنتجات الزراعية، فالزراعة هي الدعامة الرئيسية للاقتصاد والقوة في كل زمان ومكان. وفي العصر الحالي والمستقبل تزداد أهمية الزراعة واستصلاح الأراضي بالتوسع الأفقي في الصحاري. فالصحاري (والتي تشكل نحو ٩٤ ٪ من مساحة مصر والتي تبلغ نحو مليون كيلومتر مربع) هي المنفذ الوحيد للبشرية حاضرا ومستقبلا.

ويمكن تقسيم الزراعات المصرية إلى قسمين هما:

١ - زراعات تعتمد على تربة وادي النيل والدلتا.

٢ - زراعات تعتمد على الأراضي المستصلحة من الصحاري.

وتربة وادي النيل والدلتا هي تربة منقولة Transported Soil رسبها نهر النيل وفروعه عبر تاريخه الطويل، وتمتاز هذه التربة مثلها مثل تربة وديان الأنهار الكبيرة في العالم بأنها تربة خصبة ومتجانسة من الناحية المعدنية والكيميائية إلى حد كبير.

أما الترابات الصحراوية كما هو الحال في مختلف مناطق الصحراء الغربية (الوادي الجديد، درب الأربعين، توشكى، العوينات وغيرها) والصحراء الشرقية وسيناء، فهي تربات جالسة أو متبقية Residual Soil، وهي تختلف في طبيعتها وتركيبها وخواصها عن التربات المنقولة في وديان الأنهار، وقد يختلف التركيب المعدني والكيميائي للتربة الجالسة من منطقة لأخرى تجاورها، وعلى هذا الأساس فإن المحاصيل الزراعية والنباتات التي قد تصلح وتجود في منطقة ما قد لا تصلح ولا تجود بنفس الدرجة في منطقة مجاورة أو قريبة منها، والسبب في ذلك في أغلب الأحيان هو الاختلاف في التركيب الكيميائي (وبخاصة نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة Trace elements) من منطقة لأخرى. ويؤيد ذلك التباين الشديد أحيانا في نوع وكمية النباتات الصحراوية الموجودة في وديان الصحراء الشرقية وسيناء على سبيل المثال.

وقد تحتوى بعض المناطق الصحراوية على عناصر كيميائية سامة بتركيزات عالية نسبيا مثل الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ والسيلينيوم وغيرها. وقد تنبهت إلى هذه الظاهرة (الچيولوچية) كثير من الدول التى توجد بها التربات الجالسة، وقامت هذه الدول بإعداد خرائط تبين نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة مثل النحاس والرصاص والقصدير والكوبلت والنيكل والفاناديوم والزئبق والسيلينيوم والكادميوم... إلخ فى مناطق التربات الجالسة. وواضح أن كثيرا من العناصر الكيميائية الشحيحة هى عناصر شديدة السمية، وقد تنتقل إلى الحيوان والإنسان من خلال النباتات التى تمتصها من التربة.. كما أن هناك نباتات مجمعة لأنواع معينة من العناصر الشحيحة وتتركز فى أجسامها تحت ظروف معينة..، وهناك نباتات تجود فى وجود بعض العناصر الكيميائية الشحيحة، وأخرى يتعوق نموها وتقل غلتها فى وجود نفس هذه العناصر فى التربة... إلخ.

وعلى هذا الأساس فإننا نرى ضرورة إجراء مسوحات چيوكيميائية فى المناطق الصحراوية المستهدف استصلاحها ورسم خرائط چيوكيميائية ـ زراعية لهذه المناطق تبين نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة فيها، ثم يتم رسم السياسة الزراعية والمحصولية فى هذه المناطق استرشادا بهذه الخرائط كما هو الحال فى توشكى والعوينات والوادى الجديد وسيناء وغيرها.

■●●●■

مشروع مكافحة الذباب

الذبابة حشرة مؤذية، وقد حاول المصريون القدماء مقاومتها والتخلص من آذاها بأن ابتدعوا لها وصفة طبية طريفة مدونة فى بردية إدوين سميث الطبية الفرعونية والتى يعود تاريخها إلى الألف الثانية قبل الميلادى (حوالى ١٦٠٠ قبل الميلاد) وهى منقولة من كتب طبية أقدم يعود تاريخها إلى الألف الثالثة قبل الميلاد (عصر بناة الأهرامات) ـ فقد اعتقد المصريون القدماء بأن بعض الأوبئة ينتقل إلى الإنسان عن طريق الذباب، ومن ثم خصصوا لمقاومة الذباب الرقية السادسة فى هذه البردية الطبية الجراحية، والتى تحتوى على أقدم البيانات التشريحية والوظيفية لجسم الإنسان (انظر كتاب الطب المصرى القديم ـ الجزء الثانى، للدكتور حسن كمال ١٩٦٥).

ورغم هذه الوصفة الفرعونية الطريفة فما تزال الذبابة تسرح وتمرح بحرية تامة فى ربوع البلاد، وبخاصة فى الريف والمناطق القريبة من الصحراء.

وقد تحدث كثير من الرحالة الأوروبيون والأمريكيون الذين زاروا العالم العربى عن أشياء شاهدوها واندهشوا لها، ومن ذلك وفرة الذباب فى بعض الأماكن.. ومن هؤلاء الرحالة وعالم الآثار الأمريكى «ويندل فيلبس» فى كتابه الشيق «كنوز بلقيس».

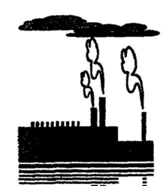
وتظهر بين الحين والآخر فى الصحف المصرية مقالات تناقش تنمية الريف وجعله منطقة جاذبة للسكان... إلخ. وبعض هذه المقالات رائعة الجمال من حيث الشكل والموضوع، ولا يعيبها غير شيء واحد هو أنها تتحدث عن ريف آخر غير الريف المصرى.. الريف الأوروبى مثلا!

فالريف المصرى طارد للسكان جاذب للذباب، لأسباب عديدة على رأسها المناخ الدافئ الذى يساعد على توالد وتكاثر الذباب، بطريقة يصعب على بعض الذين لم يروا الريف تصورها!

وكما فشلت الرقية الفرعونية فى مكافحة الذباب والقضاء عليه، فشلت أيضا طرق المقاومة الكيميائية التقليدية المتبعة حتى الآن.. هذا بالإضافة إلى تلويثها للبيئة بالمركبات الكيميائية السامة للذباب والبشر أيضا.. ومن ثم يجب استخدام وسائل بيولوچية أو إشعاعية أو غيرها، على أن يتم ذلك على مستوى قومى وفى آن واحد.. الجدير بالذكر أن الصين قد تخلصت من الذباب، ومن العصافير (التى تلتهم المحاصيل الزراعية) بطريقتها الخاصة والتى تذكرنا بالوصفة الفرعونية التى أشرنا إليها آنفا.

نرجو من الوزارات المعنية (وزارة شئون البيئة، وزارة الزراعة، وزارة الصحة والسكان، ... إلخ) دراسة هذين المشروعين والعمل على تنفيذهما.

■●●●■



المراجع

1- Katyal, t. and Satke, M. (1993) Environmental pollution. Anmal Oubl. New Delhi.

٢ ـ د. فينيتسكى (١٩٨٤): قصص وطرائف عن الفلزات ـ دار مير ـ موسكو.

3 - Kuboto, J. (1983)

plants and the geachemical environment in: "Applied Environmental Geochemisty" Editod by I.Thornton. Academic Press. London.

٤ ـ يو. فيليبوفيتش (١٩٨١):

أسس الكيمياء الحيوية ـ دار مير ـ موسكو.

5 - Thoronton, I. (1983):

Applied Environmental Geochemistry. Acodemic Press, London.

6 - Crounse, R. G. Pories, W. J., Bray, J. and Mager R. L. (1983): Geochemistry and Man: Health and Disease in Applied Environmental Geochemistry, Edit by c. Thormton. Academic press, London.

٧ ـ ابن أبى أصيبعة (٦٠٠ ـ ٦٦٨هـ) : عيون الأنباء فى طبقات الأطباء ـ مكتبة الحياة، بيروت، ١٩٦٥.

8 - Carbon dioxide and climate: a scientific assessment, Natural Academy of Science, Washington, D. C. (1979).

٩ ـ إيجور أدابا شيف (١٩٨٥): الإنسان والبيئة: ترجمة عبد الله حبه ـ دار مير ، موسكو.

10 - Arthur, D. R. (1969): Survival man and his environ ment the English Universities Press, London.

11 - Chapman J. L. and Reiss, M. J. (1992): Ecology, Principles and applications. Comb. Univ. Press.

١٢ ـ ماريو بـاى (١٩٧٠): لغات البشـر: أصولهـا وطبيـعتهـا وتطورها ـ ترجمة صلاح العربى ـ الجامعة الأمريكية بالقاهرة.

١٣ ـ د. حسن كمال (١٩٦٥) الطب المصرى القديم جزء ٢، الدار القومية ـ القاهرة.

١٤ ـ د. غوسـتاف لوبون (١٩٢٣) : مقدمـة الحضارات الأولى ـ ترجـمة محمد صادق رستم المطبعة السلفية ـ القاهرة.

15 - Parker, A. (1978): Industrial Air pollution Hand Book, Mc Graw Hill, London.

16 - Richard, F. J Mc Garry M. and Mara, D. (1977) : Water, wastes and Health in Hot Climates John Wiley, New York.

17 - Brown. A. W. (1978): Ecology of Pesticides. John Wiley New York.

18 - Gamal H. Rabie (1995) Biodegradation of the organophosphorus incecticide Monocrotophos by Pencillium corylophilum. Zagazig J. Pharm. Sci. 1995, vol. 4 no 2, pp. 14 - 19.

19 - Skinner, B. J. and Porter, S. C. (1987): Physical Geology. John wiley, New York.

20 - Trifonv, D. N. and Trgonov, V. D. (1983): Chemical elements, how they were discoveries Mir, Moscow.

21 - Mollory, B. F. and Corgo, D. n. (1979): Physical Geology. Mc Graw Hill.

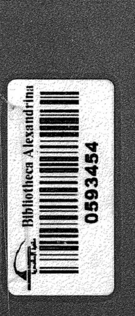
22 - Log. J. (1983): Geomedicine in Scandinavia, in Applied Environment Geochemistry, ed. by I. Thornton, Academic press. New York.

23 - Murck, B. w., Skinner, B. J. end porter, S.C. (1996): Environmental Geology. John wiley& sons, new York.

24 - Thompson, GR and Turk, J. (1994): Modern physical Geology Saunders College Publishing, New York.

■●●●■

رقم الإيداع	٢١٩٩ / ١٩٩٩
I. S. B. N الترقيم الدولى	977 - 5758 - 27 - 0


Bibliotheca Alexandrina
0593454